

# Die Bestattungen aus dem Tierfriedhof von Syene/Assuan

Eine paläoanatomische Untersuchung

von Ursula Renate Mutze



Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

**Die Bestattungen aus dem Tierfriedhof  
von Syene/Assuan  
Eine paläoanatomische Untersuchung**

von Ursula Renate Mutze  
aus Stuttgart

München 2021





Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen  
Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Paläoanatomie, Domestikationsforschung und  
Geschichte der Tiermedizin

**Arbeit angefertigt unter der Leitung von:** Univ.-Prof. Dr. Joris Peters



**Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München**

**Dekan:** Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.

**Berichterstatter:** Univ.-Prof. Dr. Joris Peters

**Korreferent/en:** Priv.-Doz. Dr. Shana M. Bergmann  
Univ.-Prof. Dr. Claudia Guldemann  
Priv.-Doz. Dr. Andrea Stockmaier-Didier  
Priv.-Doz. Dr. Ivica Medugorac

Tag der Promotion: 17.07.2021



*Meinen Eltern*



# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>VII</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>XI</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Material und Methoden</b>	<b>3</b>
2.1. Material . . . . .	3
2.1.1. Tierskelette aus dem Tierfriedhof von Syene . . . . .	3
2.1.2. Vergleichsmaterialien . . . . .	4
2.2. Methoden . . . . .	5
2.2.1. Tierartenbestimmung . . . . .	5
2.2.2. Altersbestimmung . . . . .	6
2.2.2.1. Epiphysenalter . . . . .	6
2.2.2.2. Zahnalter . . . . .	6
2.2.2.3. Altersbestimmung anhand von Knochenmaßen . . . . .	7
2.2.2.4. Histogrammdarstellung von Zeitspannen mittels Aoristi- scher Summen . . . . .	8
2.2.3. Geschlechtsbestimmung . . . . .	10
2.2.4. Dokumentation pathologischer und taphonomischer Veränderungen	11
2.2.5. Vermessung der Knochen . . . . .	11
2.2.5.1. Widerristhöhenschätzung . . . . .	11
2.2.5.2. Logarithm Size Index (LSI) . . . . .	12
2.2.6. Statistik . . . . .	15
<b>3. Eine neuartige Methode der Zahnaltersbestimmung beim Schaf</b>	<b>17</b>
3.1. Zahnaltersbestimmung beim Schaf: Ein geschichtlicher Überblick . . . . .	17
3.2. Old Dentitions and Young Post-crania: Sheep Burials in the Ptolemaic- Early Roman Animal Necropolis at Syene/Upper Egypt . . . . .	21
3.3. Wear of Teeth in Sheep (WoTiS) - A tool for determining the rate of mandibular tooth wear in sheep . . . . .	35
<b>4. Ergebnisse</b>	<b>49</b>
4.1. Allgemeines . . . . .	49
4.1.1. Schnitt-, Hack- und sonstige Bearbeitungsspuren . . . . .	49
4.1.2. Taphonomische Veränderungen . . . . .	50

## Inhaltsverzeichnis

4.2.	Tierartenverteilung . . . . .	51
4.3.	Schafe . . . . .	53
4.3.1.	Habitus der Schafe . . . . .	53
4.3.2.	Altersverteilung der Schafe . . . . .	63
4.3.3.	Geschlechterverteilung der Schafe . . . . .	71
4.3.4.	Fortpflanzung der Schafe . . . . .	77
4.3.5.	Gesundheitsstatus der Schafe . . . . .	80
4.3.5.1.	Zahnstein . . . . .	81
4.3.5.2.	Beschleunigte Zahnabnutzung und damit assoziierte Phä- nomene . . . . .	82
4.3.5.3.	Mineralisationsmangel . . . . .	91
4.3.5.4.	Befall mit <i>Oestrus ovis</i> . . . . .	94
4.3.5.5.	Pathologische Veränderungen an den Extremitates cra- niales et caudales der Schwanzwirbel . . . . .	96
4.3.5.6.	Intraartikuläre Läsionen . . . . .	98
4.3.5.7.	Verspäteter Epiphysenfugenschluss . . . . .	104
4.3.5.8.	Traumatische Veränderungen . . . . .	106
4.4.	Hunde . . . . .	109
4.4.1.	Habitus der Hunde . . . . .	109
4.4.2.	Altersverteilung der Hunde . . . . .	114
4.4.3.	Gesundheitsstatus der Hunde . . . . .	116
4.4.3.1.	Zahnprobleme . . . . .	116
4.4.3.2.	Traumatische Veränderungen . . . . .	118
4.5.	Rinder . . . . .	122
4.5.1.	Altersverteilung der Rinder . . . . .	122
4.5.2.	Gesundheitsstatus der Rinder . . . . .	125
4.5.2.1.	Traumatische Veränderungen . . . . .	125
4.5.3.	Tier 195 - Ein Sonderfall . . . . .	126
4.6.	Katzen . . . . .	128
4.6.1.	Habitus der Katzen . . . . .	128
4.6.2.	Altersverteilung der Katzen . . . . .	129
4.6.3.	Gesundheitsstatus der Katzen . . . . .	131
4.6.3.1.	Traumatische Veränderungen . . . . .	131
4.7.	Ziege . . . . .	133
<b>5.</b>	<b>Diskussion</b>	<b>135</b>
5.1.	Todesumstände der Tiere . . . . .	135
5.2.	Bestattung der Tiere . . . . .	136
5.3.	Nutzung und Bedeutung der Tiere . . . . .	140
5.4.	Haltungsbedingungen der Tiere . . . . .	142
5.5.	Perspektiven . . . . .	150
<b>6.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>151</b>



## *Inhaltsverzeichnis*

<b>7. Summary</b>	<b>155</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>157</b>
<b>A. Liste aller Tierbestattungen</b>	<b>168</b>
<b>B. Pathologien</b>	<b>177</b>
B.1. Traumatische Veränderungen . . . . .	177
B.2. Intraartikuläre Läsionen der Schafe . . . . .	189
B.3. Sonstige pathologische Erscheinungen . . . . .	194
<b>C. Verwachsungsgrad der Wachstumsfugen</b>	<b>197</b>
<b>D. Zahnstatus und -maße der Wiederkäuer</b>	<b>207</b>
<b>E. Maße</b>	<b>213</b>
E.1. Maße Schaf . . . . .	221
E.2. Maße Hund . . . . .	314
E.3. Maße Rind . . . . .	335
E.4. Maße Katze . . . . .	343
E.5. Maße Ziege . . . . .	348
<b>F. A non-linear prediction model for ageing foetal and neonatal sheep reveals basic issues in early neolithic husbandry</b>	<b>350</b>



# Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
Ac.	Acetabulum
Cal.	Calcaneus
di.	distal
Fe.	Femur
GAM	Generalized Additive Model
GL	Größte Länge
GLC	Größte Länge vom Caput aus
Hu.	Humerus
Jh.	Jahrhundert
LSI	Logarithm Size Index
Mc.	Metacarpus
MRDA	Depth of the medial rim of the acetabulum
Mt.	Metatarsus
MWS	mandible wear stages
n	Anzahl
n.Chr.	nach Christi Geburt
p	Signifikanzwert (p für lateinisch probabilitas = Wahrscheinlichkeit)
Ph.	Phalanx
pr.	proximal
PtZ	Ptolemäerzeit
r	Effektstärke
Ra.	Radius

## *Abkürzungsverzeichnis*

RZ	Römerzeit
Sc.	Scapula
SDpu	Minimum diameter of the pubis shaft
Ti.	Tibia
Ul.	Ulna
v.Chr.	vor Christi Geburt
Wi.	Wirbel

# Abbildungsverzeichnis

2.1.	Beispielhistogramm mit drei fiktiven Tieren: Ein Tier unbekannten Geschlechts im Alter zwischen 1,5 und 3,5 Jahren (grau), ein weibliches im Alter zwischen 9 und 10 Jahren (rot) und ein männliches im Alter über 8 Jahre (blau). Das maximale zu erwartende Lebensalter dieser fiktiven Population wird mit 12 Jahren angenommen, daher ist die Graphik auf 12 Jahre begrenzt. Die Balkenbreite beträgt 1 Jahr. . . . .	9
2.2.	Vorgehen bei der Anwendung Statistischer Testverfahren . . . . .	16
4.1.	Tier 121, weibliches Schaf: Vollständige Bestattung mit Keramikabdeckung des Kopfes (links) und rechte Tibia mit feinen Verbißspuren und verwitterungsbedingten Längsrissen (rechts). . . . .	51
4.2.	Artzugehörigkeit der 327 Tierbestattungen . . . . .	52
4.3.	Schädel von Tier 21b (männlich) mit erhaltener linker Hornscheide . . . .	54
4.4.	Unterschiedliche Hornformen bei Tier 163 und 140 (beide männlich) . . .	54
4.5.	Der Schädel von Tier 218 (männlich, hornlos) wurde im Block geborgen. Beim späteren Säubern ist er in mehrere Teile zerbrochen. . . . .	54
4.6.	Widerristhöhe der Schafe aus Syene auf Grundlage einzelner Langknochen gegen mittlere Widerristhöhe, mithilfe der Faktoren nach Teichert (1975) (a) und mithilfe neu berechneter Faktoren (b). Eingezeichnet ist jeweils die Ursprungsgerade mit der Steigung 1 ( $y = x$ ), sowie die Anzahlen der Werte, die oberhalb und unterhalb dieser Geraden liegen. . . . .	55
4.7.	Widerristhöhen der Schafe. Basierend auf den (Teil-) Skeletten von 68 weiblichen und 54 männlichen, davon 7 eventuell kastrierten Schafen. Letztere sind innerhalb der Box der männlichen Tiere als hellblaue Punkte dargestellt. Die Daten sind aber dennoch auch in der Box enthalten. Alle in dieser Graphik dargestellten Individuen sind ausgewachsen. Die Widerristhöhen wurden mithilfe der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Faktoren bestimmt. . . . .	61
4.8.	<i>LSI</i> der Breiten- und Tiefenmaße von Gliedmaßenknochen bei ptolemäischen und römischen Faunenresten aus Siedlungsgrabungen in Assuan (Sigl 2017; n=84; 54 ptolemäisch, 29 römisch) und dem Tierfriedhof von Syene (n=171; 57 männlich, 78 weiblich, 36 unbestimmt). Alle Knochen aus dem Tierfriedhof stammen von ausgewachsenen Individuen. . . . .	62

## Abbildungsverzeichnis

4.9. Altersverteilung der Schafe nach Zahnstatus (212 Unterkiefer von 115 Individuen, davon 38 männlich, 40 weiblich und 37 unbestimmt) und nach dem Epiphysenstatus (246 Individuen, davon 64 männlich, 75 weiblich und 107 unbestimmt, letztere enthalten 11 mit Muttertier bestattete Feten). Abbildung der Altersspannen mittels Aoristischer Summen (siehe 2.2.2.4).	64
4.10. Altersverteilung der Schafe im ersten Lebensjahr nach dem Epiphysenalter (n=66, darunter 11 mit Muttertier bestattete Feten) nach Habermehl (1975). Auf eine Aufschlüsselung nach Geschlechtern wurde hier gänzlich verzichtet, da bei den sehr jungen Tieren ohnehin sehr selten das Geschlecht bestimmt werden konnte. Abbildung der Altersspannen mittels Aoristischer Summen (siehe 2.2.2.4).	65
4.11. Altersverteilung der Schafe (n=22) nach der Diaphysenbreite des distalen Humerus (nach Pöllath u. a. 2021). Das Alter wird in Wochen ab der Befruchtung angegeben, die Geburt wird nach 22 Wochen angenommen (Pöllath u. a. 2021; schwarze senkrechte Linie). Die zusammen mit dem Muttertier bestatteten ungeborenen Feten 107F und 176F sind farblich abgesetzt dargestellt. Die restlichen 9 mit Muttertier bestatteten Feten können mit dieser Methode nicht untersucht werden, da der distale Humerus nicht messbar ist. Abbildung der Altersspannen mittels Aoristischer Summen (siehe 2.2.2.4).	66
4.12. Geschlechterverteilung aller Schafe (n=246) und der adulten Schafe (n=188).	72
4.13. Mittlerer <i>LSI</i> der Diaphysenbreiten der Langknochen gegen mittlere Widerristhöhe (anhand eigener Faktoren, siehe Abschn. 4.3.1), für alle Röhrenknochen. n=118, 51 männlich (davon 7 evtl. kastriert), 67 weiblich.	74
4.14. Mittlerer <i>LSI</i> der Größten Längen und der Diaphysenbreiten für Radius, Metacarpus und Tibia. n=99, 44 männlich (davon 7 evtl. kastriert), 55 weiblich.	75
4.15. Tiefe des Acetabulums (MRDA) und kleinster Durchmesser des Os Pubis (SDpu) bei 15 weiblichen und 17 männlichen, davon 6 mutmaßlich kastrierten Schafen.	76
4.16. Rekonstruktion der fetalen Körperposition bei den Tierskeletten 176 (oben) und 20 (unten).	78
4.17. Rechtes Hüftbein von Tier 176M mit verschobener Beckensymphyse und gestauchtem Schambein.	79
4.18. Zahnalter nach Jones (2006) und Epiphysenalter nach Habermehl (1975). Da beide Methoden keine exakten Werte sondern Altersspannen liefern, ergeben sich in der Darstellung Rechtecke (n=109, davon 41 männlich, 41 weiblich, 27 unbestimmt).	83

## Abbildungsverzeichnis

4.19. Mandible Wear Stages nach Grant (1975b; 1982) gegenüber Epiphysenfugenschluss bei den Schafen aus Kerma (Chaix u. Grant 1987, Tab. 1) und aus dem Tierfriedhof von Syene (n=67, davon 18 männlich, 29 weiblich, 20 unbestimmt. Tiere, bei denen mehrere Epiphysenfugen gleichzeitig verwachsen, sind mehrfach dargestellt). Der Datenbereich (Minimum bis Maximum) ist jeweils farbig hinterlegt, für Syene ist zusätzlich der Median eingezeichnet. . . . .	84
4.20. Zähne von Tier 207. P <sub>4</sub> bis M <sub>3</sub> des linken Unterkiefers zeigen das hier beschriebene Phänomen in mittlerer Ausprägung. Die beiden Stummel von Oberkieferzähnen, die aufgrund der sehr starken Abnutzung nicht näher identifizierbar sind, zeigen das Phänomen in seiner ausgeprägtesten Form. . . . .	85
4.21. Entstehung von Karies (links) und Karies am linken Pd <sub>4</sub> von Tier 53 (rechts). . . . .	87
4.22. Asymmetrische Abnutzung des M <sub>3</sub> durch schmerzhaftes Karies bei Tier 224. . . . .	88
4.23. Linke Mandibula von Tier 13M mit Periodontitis und Fistelbildung, ausgelöst durch Karies am rostralen Lobus des M <sub>3</sub> . . . . .	88
4.24. Linke Mandibula von Tier 315 mit Periodontitis und Fistelbildung. . . . .	90
4.25. Rechte Mandibula von Tier 163 mit ausgeprägten Stufen in der Kaufläche. . . . .	90
4.26. Mangelhafte Mineralisierung bei Knochen von Skelett 40: zwei Rippenfragmente (a und b), linker und rechter Metacarpus (c, Palmaransicht) und ein Lendenwirbel (d). . . . .	92
4.27. Poröse Läsion an den Seitenflächen der Sternebrae bei den Skeletten 40 (a), 42 (b), 138 (c), 197 (d), 198 (e) und 260 (f). . . . .	92
4.28. Eindellungen am rechten Hornzapfen von Tier 291. . . . .	94
4.29. Larven III von <i>Oestrus ovis</i> bei Tier 275 (a-d) und 276 (e) . . . . .	95
4.30. Cranial- und Caudalansichten von sieben Schwanzwirbeln von Tier 5. . . . .	97
4.31. Korrelation der Pathologiestufen an Talus und Humerus . . . . .	99
4.32. Typische Läsionen an den distalen Gelenkflächen des rechten Metacarpus von Tier 84. . . . .	101
4.33. Verhältnis lateraler und medialer Läsionen zueinander bei Metatarsus (n=34) und Metacarpus (n=60). . . . .	101
4.34. Korrelation der Gesamtläsionsflächen (lateral und medial) von Metatarsus und Metacarpus, n=27 . . . . .	102
4.35. Zahnalter versus Epiphysenalter . . . . .	105
4.36. Lendenwirbel mit frakturierten Processus spinosi bei Tier 59 . . . . .	107
4.37. Verteilung der traumatischen Veränderungen über das Skelett nach Bartosiewicz (2008) (n=49) und im Tierfriedhof Syene (n=452). . . . .	108
4.38. Vergleich der Hundebestattungen (n=22) mit rezenten Hunderassen (nach Wagner 1930) auf Basis von Widerristhöhen und <i>LSI</i> . . . . .	110
4.39. <i>LSI</i> der Hundebestattungen (n=31) im Vergleich mit Skelettfunden aus der Siedlung von Syene (Sigl 2017) und rezenten Hunderassen (nach Wagner 1930) . . . . .	111
4.40. Schädel von Tier 187. Das Geschlecht dieses Tieres ist unbekannt. Gesichtskrümmung des Whippets nach Wagner (1930, 51) in rot. . . . .	112

## Abbildungsverzeichnis

4.41. Altersverteilung der Hunde nach Zahndurchbruch und Epiphysenstatus. Darstellung der Altersspannen mittels Aoristischer Summen (siehe Abschnitt 2.2.2.4). . . . .	115
4.42. Stark abgenutztes Gebiss mit großflächiger Dentinexposition und <i>intra vitam</i> Zahnverlust bei Tier 175. . . . .	117
4.43. Linke Mandibula von Tier 172 mit starker Abnutzung und Karies am linken $M_1$ . Infolge der starken Abnutzung ist der Zahn zwischen den beiden Wurzeln auseinander gebrochen. Der rostrale Teil wurde nicht geborgen. .	118
4.44. Drei Brustwirbel von Tier 98 mit verheilten Frakturen der Procc. spin. (a), linker Metatarsus IV und V von Tier 10 mit verheilender Fraktur (V) und unverheilte Fraktur (IV, distales Stück fehlt, Pseudarthrose) (b) und rechte Scapula von Tier 329 mit Impressionsfraktur von dorsal (c). . . . .	119
4.45. Altersverteilung der Rinder nach Zahndurchbruch und Epiphysenstatus. Darstellung der Altersspannen mittels Aoristischer Summen (siehe Abschnitt 2.2.2.4). . . . .	123
4.46. Sieben traumatisch veränderte Rippenfragmente von Tier 143 . . . . .	126
4.47. Hinterschädel von Tier 195 mit Schnittspuren am linken Condylus occipitalis und am rechten Processus paracondylaris . . . . .	127
4.48. <i>LSI</i> -Werte zweier Katzendepositionen aus dem frühromischen Syene (Maße nach Sigl 2017). Als Standardindividuum wurde Tier 122 verwendet ( $LSI=0$ ). . . . .	129
4.49. Altersverteilung der Katzen nach Zahndurchbruch und Epiphysenstatus. Darstellung der Altersspannen mittels Aoristischer Summen (siehe Abschnitt 2.2.2.4). . . . .	130
4.50. Traumata bei Katzen: Radius und Ulna von Tier 122 (a), Femur von Tier 134 (b) und drei Rippen von Tier 114 (c). . . . .	132
5.1. Typische Bestattung eines Widders (Tier 207). Der Kopf ist mit einer Keramikscherbe abgedeckt. . . . .	137
5.2. Plan des Friedhofsareals . . . . .	143
5.3. Schaf- und Ziegenhaltung auf Elephantine 2017 . . . . .	145



# Tabellenverzeichnis

2.1. Verwachungsstadien der Wachstumsfugen . . . . .	6
2.2. Breiten- und Tiefenmaße (rechts und links gemittelt) der vorhandenen Gliedermaßenknochen der Standardindividuen Tier 42 (Schaf, männlich) und Tier 274 (Hund, männlich). Die Abkürzungen der Messstrecken sind in Anhang E erklärt. . . . .	14
2.2. Breiten- und Tiefenmaße (rechts und links gemittelt) der vorhandenen Gliedermaßenknochen der Standardindividuen Tier 42 (Schaf, männlich) und Tier 274 (Hund, männlich). Die Abkürzungen der Messstrecken sind in Anhang E erklärt. . . . .	15
4.1. Ergebnisse der Berechnung neuer Faktoren für die Widerristhöschätzung beim Schaf. Die Messstrecken sind in Anhang E erklärt. . . . .	59
4.2. Verteilung der Traumata über das Skelett bei den Hundebestattungen aus Syene und Carnivorenknochen aus Siedlungsabfällen (nach Bartosiewicz 2008). . . . .	120



# Danksagung

Mein Dank gilt meinem Doktorvater, Prof. Dr. Joris Peters für die Vergabe dieses einzigartigen Themas und seine Unterstützung in allen Belangen, aber auch für die Freiheit, eigenen Ideen umfassend nachzugehen. Durch diverse Arbeitsverträge am Institut für Paläoanatomie, Domestikationsforschung und Geschichte der Tiermedizin hat er außerdem dafür gesorgt, dass ich mich ohne finanzielle Sorgen voll und ganz dem Thema widmen konnte.

Meinen beiden Mitbetreuern, Prof. Dr. Wolf-Rüdiger Teegen und Prof. Dr. Friedhelm Hoffmann, danke ich für ihre wertvollen Hinweise auf dem Gebiet der Paläopathologie und Ägyptologie, Herrn Prof. Dr. Hoffmann insbesondere auch für seine konstruktiven Anmerkungen zu den ägyptologischen Abschnitten dieser Arbeit.

Die finanzielle Förderung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, DFG, im Rahmen des dreijährigen Projekts „die Tempelherde und ihr Bestattungsort im ptolemäisch-römischen Syene aus archäozoologischer, archäologischer und religionshistorischer Perspektive“ (Projektnummer 392758722), hat die vorliegende Arbeit in dieser Form erst möglich gemacht, wofür ich herzlich danke. Für die Finanzierung einiger Flugreisen nach Assuan, sowie der Unterkunft und Verpflegung vor Ort durch die Ludwig Borchardt-Stiftung, Schaffhausen, sei an dieser Stelle ebenfalls herzlich gedankt.

Wolfgang Müller, Dr. Mariola Hepa und Lea Kreuzburg danke ich von Herzen für die freundschaftliche Zusammenarbeit und den zu jeder Zeit reibungslosen Informationsaustausch rund um den Tierfriedhof.

Für die vielen inspirierenden Gespräche über archäozoologische und paläopathologische Themen sowie den Austausch hilfreicher Literatur möchte ich mich bei Dr. Johanna Sigl bedanken.

Während der ersten Arbeitskampagnen in Assuan hat Dr. Alfred Galik einige Tier skelette aus dem Tierfriedhof umfassend archäozoologisch untersucht und mir die Daten zukommen lassen, wofür ich ihm sehr dankbar bin.

Dr. Renate Schafberg gewährte mir Zugang zu den Karakul skeletten der Julius-Kühn-Sammlung der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, die in vielerlei Hinsicht ein wertvolles Referenzmaterial darstellen.

Ebenfalls danke ich Dr. Thomas Pape, Naturhistorisches Museum Dänemark, für die fachkundige Bestimmung der Larven von *Oestrus ovis*, die ich bei einigen Schaf skeletten fand.

Gillian G. Jones danke ich für die Korrektur der englischsprachigen Zusammenfassung dieser Arbeit und Prof. Dr. John Baines für seine Hilfestellung bei der korrekten Übertragung einiger deutscher ägyptologischer Fachbegriffe ins Englische.

All meinen Kollegen, mit denen ich in den letzten Jahren sowohl privat als auch beruflich so viele wunderbare Stunden verbringen durfte, möchte ich meinen besonderen Dank

## *Tabellenverzeichnis*

aussprechen. Ihr habt es geschafft, die Kaulbachstraße 37 zu einem meiner Lieblingsorte zu machen, was angesichts der baulichen Voraussetzungen eine wirkliche Leistung ist.

Dir, Chris, danke ich für Deine Hilfe bei der Erarbeitung des graphischen Konzepts und dafür, dass Du mir in jeder Situation mit Rat und Tat zur Seite stehst.

Ganz besonderer Dank gebührt meinem Vater, Dr. Ulrich Mutze, der mit unermüdlicher Begeisterung mit mir die Geheimnisse der Schafzähne ergründete und auch meiner Mutter, Susanne Mutze, die es mit Fassung trug, wenn darüber wieder einmal alles andere in Vergessenheit geriet. Ihnen und meinem Bruder möchte ich von Herzen für ihre Unterstützung in allen Dingen des Lebens danken.

# 1. Einleitung

Das besondere Verhältnis der Alten Ägypter zu ihren Tieren, das sich im sogenannten Tierkult manifestierte, ist seit langer Zeit bekannt. Bereits den antiken Autoren, allen voran Herodot, der im 5. Jahrhundert v. Chr. Ägypten bereiste, erschienen die Tierkulte als das „auffälligste Phänomen der gelebten ägyptischen Religion“ (Fitzenreiter 2013, 103). In der Ägyptologie wurden sie für lange Zeit als ein eher primitiver, bäuerlicher Aspekt dieser Religion abgetan und gerne von der Hochreligion getrennt betrachtet, eine Sichtweise, die neueren Erkenntnissen zufolge nicht haltbar ist (Kessler 1989, 4 f.). Heute, in einer Zeit, in der Tiere erneut einen festen Platz in unserer Gesellschaft einnehmen, der weit über ihre Funktion als Nahrungsquelle hinausgeht, beflügeln die ägyptischen Tierkulte unsere Phantasie und wecken nicht selten Sympathie für diese frühe Hochkultur.

Als auffälliges materielles Zeugnis bieten die ägyptischen Tierfriedhöfe einzigartige Möglichkeiten, das Phänomen des Tierkultes und seine praktische Umsetzung näher zu untersuchen. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit den Tierbestattungen in einem Tierfriedhof im heutigen Assuan in Oberägypten, die zwischen 2011 und 2015 im Rahmen von Forschungsgrabungen der Joint Mission des Schweizerischen Instituts für Ägyptische Bauforschung und Altertumskunde in Kairo und dem Inspektorat des Ministeriums für Altertümer in Assuan dokumentiert und geborgen wurden (von Pilgrim u. a. 2012; 2015; von Pilgrim u. Müller 2013; 2014). Der Tierfriedhof ist Gegenstand eines noch nicht abgeschlossenen, interdisziplinären Projekts (Deutsche Forschungsgemeinschaft - Projektnummer 392758722 - Die Tempelherde und ihr Bestattungsplatz im ptolemäisch-römischen Syene aus archäozoologischer, archäologischer und religionshistorischer Perspektive), im Mittelpunkt dessen neben der archäozoologischen Bearbeitung des Knochenmaterials vor allem die Untersuchung der mit den Bestattungen assoziierten Keramikfunde steht.

Die antike Stadt Syene, heute fast vollständig durch das moderne Assuan überbaut, gewann durch seine Lage unmittelbar stromabwärts des ersten Nilkatarakts seit der ägyptischen Spätzeit an Bedeutung. Zuvor, während des Alten, Mittleren und Neuen Reiches, war das verwaltungstechnische und kultische Zentrum der Gegend die Stadt Elephantine auf der gegenüberliegenden, gleichnamigen Nilinsel gewesen (Sigl 2017, 37 ff.). Die Gegend des ersten Nilkatarakts war von zentraler Bedeutung sowohl als Grenzregion zu Nubien als auch aufgrund ihrer Granitvorkommen. Die Verehrung des widderköpfigen Gottes Chnum in Elephantine mit der Anlage eines Widderfriedhofs (Delange u. Jaritz 2013) stellt eine wichtige Parallele zu dem Fundplatz in Syene dar.

Der Tierfriedhof von Syene - so soll er im Folgenden genannt werden - unterscheidet sich in mehreren Punkten von bisher bekannten und erforschten Tierfriedhöfen des Alten Ägyptens. Letztere stellen sich größtenteils als unterirdische Galerien dar, in denen die meist mumifizierten Tiere in Sarkophagen oder Keramikgefäßen deponiert sind, wie etwa

## 1. Einleitung

in Tuna el-Gebel (Kessler 1987a; Kessler u. Nur el Din 2005) oder Saqqara (Nicholson 2005).

In der Südostecke des damaligen Stadtgebiets von Syene in unmittelbarer Nachbarschaft des Isis-Tempels gelegen, bietet der dortige Tierfriedhof ein vollkommen anderes Bild. Hier wurden die Tiere ohne vorherige Mumifizierung in seichten Gruben deponiert (von Pilgrim u. Müller 2013). Die Bestattungen sind um ein zentrales Kultgebäude angeordnet, dessen Bauphasen sich mit den Nutzungsphasen des Tierfriedhofs korrelieren lassen (Hepa u. a. 2018). In einigen Fällen wurden die Köpfe der Tiere oder gar die ganzen Kadaver mit Wandscherben großer Keramikgefäße abgedeckt. Zudem fanden sich bei den Bestattungen teilweise Grabbeigaben in Form von Keramik (Hepa u. a. 2018). Ein weiterer auffälliger und außergewöhnlicher Befund sind mächtige Schichten aus Dung und Streuresten, die belegen, dass in diesem Areal Tiere nicht nur bestattet, sondern auch gehalten wurden (von Pilgrim u. Müller 2013, Hepa u. a. 2018).

Gegenüber den meisten unterirdischen Galerien bieten die Erdbestattungen des Tierfriedhofs von Syene für die Forschung zwei bedeutende Vorteile. Zum einen waren sie zum Zeitpunkt der Ausgrabung noch nicht durch Grabräuber in Mitleidenschaft gezogen worden und standen der Untersuchung somit in unverändertem Zustand zur Verfügung. Zum anderen erlaubt die Stratifizierung eine chronologische Referenzierung der Bestattungen und bietet somit Einblicke in die diachrone Entwicklung vor Ort. Die Bearbeitung der Keramikfunde dient unter anderem der genaueren Datierung der Schichten, was eine Untersuchung von Entwicklungen und Trends innerhalb der ca. dreihundertjährigen Nutzungsdauer des Tierfriedhofs, von ca. 200 v. Chr. bis ca. 100 n. Chr., ermöglichen wird. Dieser Aspekt ist allerdings nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit, die sich ausschließlich mit den archäozoologischen Befunden an den Tierknochen beschäftigen soll.

Die Tatsache, dass die Tierkadaver ohne vorherige Mumifizierung deponiert wurden, unterscheidet den Tierfriedhof von Syene ebenfalls von vielen anderen Tierfriedhöfen des Alten Ägyptens und stellt für die archäozoologische Untersuchung einen Glücksfall dar. Während Tiermumien heute üblicherweise nur radiologisch untersucht werden, um sie bestmöglich für die Nachwelt zu erhalten, offenbart das Material aus dem Tierfriedhof von Syene eine Fülle an Informationen ohne vorherige zerstörerische Manipulation. Die an jedem einzelnen Skelett erhobenen Daten bezüglich Art, Geschlecht, Größe, Alter und Krankheiten des betreffenden Tieres liefern wichtige Hinweise auf die Lebens- und Todesumstände der bestatteten Tiere.

Selbstverständlich dürfen die bisherigen Erkenntnisse der Ägyptologie zur Haltung von Tieren in Tempelarealen und zur Organisation des Tierkults hierbei nicht ignoriert werden. Dennoch soll sich die vorliegende Arbeit überwiegend auf die Interpretation der aus den Tierknochen gewonnenen Informationen beschränken. Die religionshistorische Deutung soll, kann und darf, wenn überhaupt, in dieser archäozoologisch-veterinärmedizinischen Arbeit nur sehr geringen Raum einnehmen. Dies ist auch der Tatsache geschuldet, dass der im Rahmen des interdisziplinären Projekts zu erwartende Erkenntnisgewinn noch nicht abgeschlossen ist. Nur in enger Zusammenarbeit der Fachrichtungen Archäologie, Archäozoologie und Ägyptologie kann eine umfassende Interpretation dieses einzigartigen Fundplatzes auf fundierter wissenschaftlicher Basis erfolgen.

## 2. Material und Methoden

### 2.1. Material

#### 2.1.1. Tierskelette aus dem Tierfriedhof von Syene

Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind die Tierbestattungen aus dem Tierfriedhof von Syene, die 2011-2015 im Rahmen von Forschungsgrabungen der Joint Mission des Schweizerischen Instituts für Ägyptische Bauforschung und Altertumskunde in Kairo und dem Inspektorat des Ministeriums für Altertümer in Assuan dokumentiert und ausgegraben wurden. Diese Bestattungen wurden in den Jahren 2014 bis 2018, zunächst unter Anleitung von Joris Peters, von mir archäozoologisch erfasst. Neben den Tierresten lagen mir dazu auch Photographien und Zeichnungen der Fundsituation vor, die im Zuge der Ausgrabung vor der Bergung der jeweiligen Skelette angefertigt worden waren und wertvolle zusätzliche Informationen lieferten.

Da die Schädel der bestatteten Tiere häufig durch die Druckverhältnisse im Boden beschädigt waren und bei der Bergung entsprechend in ihre Einzelteile zerfielen, wurden sie ab 2014 vor der Bergung mit Gipsbinden eingefasst und im Block geborgen. Während der archäozoologischen Untersuchung öffnete ich die Gipsbinden und befreite die Schädel vorsichtig von dem sie umgebenden Sediment. Besonders die Vermessung der Schädel und die Beurteilung des Gebisses profitierten maßgeblich von diesem Verfahren. Obwohl das Zerbrechen der Schädel in den meisten Fällen nicht verhindert werden konnte, wurden auf diese Weise zuvor wenigstens noch wertvolle Informationen gewonnen.

Aus Gründen der Redundanz vergaben die Ausgräber für jede Tierbestattung neben der Fundnummer auch eine Tiernummer. Letztere wird in der vorliegenden Arbeit verwendet, um einzelne Bestattungen eindeutig und nachvollziehbar zu benennen. 331 Tiernummern wurden während der Ausgrabung vergeben.

In den Jahren nach der Ausgrabung musste das Material mehrmals seinen Standort wechseln. Sieben der registrierten Tierbestattungen konnten am Ende nicht aufgefunden werden und wurden daher nicht archäozoologisch untersucht. Vermutlich sind sie bei einem der genannten Transporte verloren gegangen. Bei fünf Funden zeigte die archäozoologische Untersuchung, dass es sich entgegen der ursprünglichen Einschätzung der Archäologen nicht um Bestattungen, sondern um Konvolute nicht zusammengehöriger Knochen handelte. Diese Funde werden daher in der vorliegenden Arbeit nicht behandelt. Einen Sonderfall stellt Tier 195 dar. Hier hat erst eine Abwägung aller Einzelheiten zu der Einschätzung geführt, dass es sich nicht um eine Bestattung handelt. Daher wurde diesem Fund ein eigener Abschnitt dieser Arbeit gewidmet (4.5.3). Ebenfalls fünf Tiernummern wurden für Teilskelette vergeben, die nachträglich einem anderen, bereits nummerierten Individuum zugeordnet werden konnten. Dies konnte beispielsweise ge-

## 2. Material und Methoden

schehen, wenn ein Teil eines Skeletts unter einer Mauer oder einem anderen Bauelement verborgen war und deshalb erst zu einem späteren Zeitpunkt geborgen werden konnte. Auf diese Weise reduziert sich die Anzahl der Bestattungen.

Andererseits kamen Bestattungen hinzu, nämlich dadurch, dass in einer Grube teilweise zwei (Teil-) Individuen bestattet waren. In diesen Fällen wurden an die Tiernummer die Buchstaben a und b angehängt, um die Individuen eindeutig bezeichnen zu können. Ein Sonderfall lag vor, wenn es sich bei den beiden Individuen um ein Muttertier und sein ungeborenes Junges handelte. In diesen Fällen wurde die Tiernummer durch ein M für „Muttertier“ und ein F für „Fetus“ ergänzt. Anhang A bietet eine Übersicht über alle Tiernummern. Im Ergebnisteil werden, soweit nicht anders vermerkt, trächtige Tiere und ihr Fetus als eine einzige Bestattung gewertet. Lediglich für spezielle Fragestellungen ist es zweckmäßig, die Feten als eigenständige Individuen zu betrachten.

Die Anzahl der untersuchten Bestattungen beläuft sich insgesamt auf 327, darunter 11 trächtige Mutterschafe mit jeweils einem ebenfalls archäozoologisch untersuchten Fetus.

Bei der Ausgrabung wurden auch isolierte Tierknochen geborgen, teilweise zusammen mit einer Bestattung, teilweise einzeln bzw. zusammen mit anderen einzelnen Knochen und Knochenfragmenten. Diese zusammenhangslosen Funde wurden ebenfalls archäozoologisch untersucht, sind jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit. Der Großteil dieser isolierten Tierknochen ähnelt in Tierartenzusammensetzung, Altersverteilung und Erhaltungszustand stark den Bestattungen. Da von vielen Bestattungen nur Teilskelette vorgefunden wurden, liegt der Verdacht nahe, dass es sich bei diesen Einzelknochen um Überreste gestörter Bestattungen, beispielsweise durch Bauaktivitäten, handelt. Darüber hinaus wurden auch fragmentierte Tierknochen mit Schnittspuren geborgen, bei denen es sich offensichtlich um Speisereste handelt (siehe auch Abschnitt 4.1.1). Diese weisen häufig einen deutlich schlechteren Erhaltungszustand auf als die Tierskelette, mit denen zusammen sie geborgen wurden. Möglicherweise haben sie sich bereits längere Zeit vor der Bestattung des betreffenden Tieres in oberflächlicher Lage im umliegenden Boden befunden.

Sämtliche im Areal des Tierfriedhofs geborgene Tierreste, Bestattungen wie Einzelknochen, wurden nach der archäozoologischen Untersuchung sorgfältig verpackt und lagern im Magazin des Ministeriums für Altertümer in Assuan, sodass dieses einzigartige Material für künftige Analysen zur Verfügung steht.

### 2.1.2. Vergleichsmaterialien

Methodisch steht das Schaf als häufigste Tierart des Tierfriedhofs im Fokus der vorliegenden Arbeit. Hinsichtlich Zahnabnutzung und Epiphysenschluss stellen die Schafskelette aus Kerma ein wichtiges Vergleichsmaterial dar. Kerma war die Hauptstadt der sogenannten Kerma-Kultur im heutigen Sudan. Die Fundstätte liegt ca. 12 km südlich des 3. Nilkataraktes und datiert ungefähr in die Zeit von 2400 v. Chr. bis 1500 v. Chr. (Chaix und Grant, 1987). Sie ist somit vor allem räumlich mit Syene vergleichbar. Sowohl in der antiken Stadt als auch im zugehörigen Friedhof wurden mehr oder weniger vollständige Schafskelette gefunden. Die in der vorliegenden Arbeit zu Vergleichszwecken verwendeten Daten dieser Population entstammen der Publikation von Chaix und Grant (1987).



## 2. Material und Methoden

Tabelle 1 dieser Publikation gibt für jede Epiphysenfuge die Spanne an Abkaustufen (Mandible Wear Stages, Grant 1975b, siehe Abschnitte 2.2.2.2, 3.1) an, die bei diesen Schafskeletten während der Synostierung der entsprechenden Fuge auftreten.

Ebenfalls von Interesse für Vergleichszwecke sind Tierknochen aus Siedlungskontexten, die zwischen 2000 und 2009 in Assuan bei Ausgrabungen des Schweizerischen Instituts für ägyptische Bauforschung und Altertumskunde und des Inspektorats des Ministeriums für Altertümer in Assuan geborgen wurden. Das umfangreiche Faunenmaterial ist Gegenstand einer kürzlich erschienenen archäozoologischen Studie (Sigl 2017). Da die Bedeutung der Stadt Syene in ptolemäischer Zeit zunahm (Sigl 2017, 45 ff.), liegen aus dieser Zeit viele Tierknochen vor. Aufgrund der räumlichen und zeitlichen Nähe stellen diese ein hervorragendes Vergleichsmaterial für die Tierbestattungen aus dem Tierfriedhof von Syene dar. Erfreulicherweise wurden sämtliche Knochenmaße im Anhang dieser Studie publiziert und standen daher für Vergleiche zur Verfügung.

## 2.2. Methoden

Die Ausfuhr von archäologischem Material aus Ägypten ist sehr streng reglementiert und stellte angesichts der Menge an Tierknochen für die vorliegende Arbeit keine Option dar. Daher wurde das gesamte Material vor Ort archäozoologisch untersucht und es konnten hierfür nur transportable Utensilien verwendet werden.

### 2.2.1. Tierartenbestimmung

Weil die tierartliche Bestimmung der Knochen größtenteils vor Ort erfolgen musste, stand keine Vergleichssammlung zur Verfügung, was eine gute Kenntnis der morphologischen Unterschiede der Tierarten voraussetzte. Die Tatsache, dass die meisten Knochen im Verband geborgen worden waren, erleichterte jedoch die Bestimmung erheblich, da häufig bedeutend mehr als ein Skelettelement für die Artbestimmung zur Verfügung stand. Schwieriger gestaltete sich manchmal die tierartliche Bestimmung von einzeln vorliegenden Knochen, besonders, wenn es sich nur um kleine Fragmente handelte. Jeweils ein gut erhaltenes und sehr vollständiges Schaf- und Hundeskelett wurde nach der Bearbeitung als Vergleichsskelett beiseite gelegt und diese beiden Skelette erwiesen sich in vielen Fällen als hilfreich, da Hund und Schaf den größten Teil des Materials ausmachten. Ansonsten musste bei der Bestimmung von Einzelknochen auf Literatur zurückgegriffen werden. Ein häufig verwendetes Werk war der Knochenatlas von Elisabeth Schmid (1972), der die meisten Skelettelemente von Pferd, Rind, Hirsch, Schaf, Schwein, Wolf, Bär, Biber, Hase und Mensch detailgetreu abbildet. Für die Unterscheidung zwischen Hund und Katze erwies sich die Arbeit von Johnson (2015) als hilfreich. Die Unterscheidung von Schaf und Ziege erfolgte überwiegend anhand der von Boessneck u. a. (1964) beschriebenen Merkmale. An den Unterkieferzähnen wurden außerdem die von Halstead u. Collins (2002) und Payne (1985) vorgestellten Kriterien angewandt.

### 2.2.2. Altersbestimmung

#### 2.2.2.1. Epiphysenalter

Die Verknöcherung der Epiphysenfugen erfolgt an den verschiedenen Skelettelementen in unterschiedlichem Lebensalter, wobei sich sowohl die Sequenz als auch der absolute Zeitpunkt je nach Tierart stark unterscheiden (Nickel u. a. 2004, 19). An den Epiphysenfugen wurde unterschieden zwischen:

-	unverwachsen	Epiphyse und Diaphyse liegen getrennt voneinander vor und zeigen zur Epiphysenfuge hin eine intakte Knochenoberfläche ohne Verwachsungsspuren.
+/-	verwachsend	Epiphyse und Diaphyse haften bereits knöchern aneinander, lassen sich jedoch noch ohne größeren Kraftaufwand voneinander trennen. Dies geschieht teils auch während der Ausgrabung und äußert sich dann in postmortalen Brüchen, die zumindest teilweise in der Epiphysenfuge verlaufen.
+/0	frisch verwachsen	Epiphyse und Diaphyse sind bereits fest miteinander verbunden, die Epiphysenfuge ist jedoch von außen noch als feine Linie erkennbar. Postmortale Brüche verlaufen, falls vorhanden, üblicherweise nicht in der Epiphysenfuge.
+	verwachsen	Epiphyse und Diaphyse sind fest verbunden, die ehemalige Epiphysenfuge ist weder von außen noch von innen (bei postmortalen Brüchen) erkennbar.

Tabelle 2.1.: Verwachsungsstadien der Wachstumsfugen

Für die Altersbestimmung nach dem Epiphysenfugenschluss wurden für alle untersuchten Tierarten die Altersangaben von Habermehl (1975) verwendet. Für den Hund wurde zusätzlich die Arbeit von Burbidge u. a. (1995) miteinbezogen, wonach die dorsalen Fugen der Halswirbel im Alter von 3-4 Wochen verwachsen. Die Verwachsungsstadien der Wachstumsfugen aller Tierbestattungen sind in Anhang C nach Tierarten getrennt angegeben.

#### 2.2.2.2. Zahnalter

Wiederkäuer besitzen hochkronige Zähne mit einem typischen inneren Aufbau aus den drei Zahnhartsubstanzen Schmelz, Dentin und Zement. Wenn sich die Zähne im Laufe des Lebens abnutzen und an Substanz verlieren, werden diese inneren Strukturen als wechselndes Muster auf der Okklusalfäche sichtbar, sodass sich daraus das Alter des Tieres ableiten lässt. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde der Abkaugrad der Zähne bei Schafen nach Payne (1987) dokumentiert. Die Durchbruchsstadien wurden in dem von Ewbank u. a. (1964) vorgestellten System notiert. Für den Vergleich mit den Schafskeletten aus Kerma (siehe Abschnitte 2.1.2, 4.3.5.2) wurden die Abnutzungsstadien in das System von Grant (1975b, 1982) übersetzt, um deren Mandible Wear Stages

## 2. Material und Methoden

(MWS) (Grant 1982) darstellen zu können. MWS dienen dazu, den Abkaugrad eines ganzen Unterkiefers, nicht nur einzelner Zähne, in einem einzigen Wert auszudrücken (siehe auch Abschnitt 3.1).

Aufgrund einer bereits in der Frühphase der Bearbeitung vor Ort festgestellten Diskrepanz zwischen Zahnalter und Epiphysenalter bei den Schafen wurde eine neuartige Methode der Zahnaltersbestimmung bei dieser Tierart entwickelt, die die Zahnabnutzungsgeschwindigkeit berücksichtigt. Diese Methode ist Gegenstand zweier eigenständiger Publikationen (Mutze u. a. 2021a; Mutze u. a. 2021b; siehe Kapitel 3). Sie wird in der vorliegenden Arbeit für die Zahnaltersbestimmung beim Schaf hauptsächlich verwendet. Daneben erfolgte für bestimmte Anwendungen die Altersbestimmung nach Jones (2006). Bei den Rindern wurde die Zahnabnutzung nach Grant (1982) dokumentiert. Aufgrund des geringen Alters der Tiere und der nachweislich beschleunigten Zahnabnutzung der Schafe (siehe Mutze u. a. 2021a und 2021b), wurden zur Altersbestimmung beim Rind zusätzlich zum Epiphysenstatus jedoch nur die Zahndurchbruchszeiten (nach Habermehl 1975) herangezogen, nicht jedoch der Zahnabrieb. Bei Hund, Katze und Ziege wurden ebenfalls die von Habermehl (1975) angegebenen Durchbruchszeiten der Zähne ergänzend zum Epiphysenstatus zur Altersbestimmung verwendet. Die Abkaustadien und Maße der Zähne aller bestatteten Wiederkäuer finden sich in Anhang D.

### 2.2.2.3. Altersbestimmung anhand von Knochenmaßen

Ein nennenswerter Teil der bestatteten Schafe wurde nicht einmal drei Monate alt, so dass die Wachstumsfugen des proximalen Radius und des distalen Humerus noch nicht verschlossen sind. Eine genauere Altersbestimmung ist entsprechend anhand des Epiphysenstatus nicht möglich. Die Zähne liegen bei diesen jungen Tieren meist stark fragmentiert vor, sodass sich nur in den seltensten Fällen erkennen lässt, ob bereits ein Abrieb stattgefunden hat oder ob die betreffenden Zähne bereits durchgebrochen waren. Gerade bei diesen jungen Tieren sind aber die möglichen Todesursachen eng mit dem Lebensalter verknüpft. So ist für die Interpretation der Bestattungen in diesem Zusammenhang vor allem bedeutend, ob ein Tier vor oder nach der Geburt verstorben ist.

Pöllath u. a. (2021) entwickelten eine Methode zur Altersbestimmung fetaler bis infantiler Schafe anhand der Diaphysenbreite des distalen Humerus, diese Publikation findet sich in Anhang F. Dafür wird anhand der Maße moderner Referenzindividuen bekannten Alters ein GAM (Generalized Additive Model; Hastie u. Tibshirani 1986) erstellt. Der während der Geburt verstorbene Fetus 176F aus dem Tierfriedhof (siehe Abschnitt 4.3.4) diente in der genannten Studie als Testfall. Um die Anwendbarkeit der Methode auf das Material der Tierbestattungen aus Syene zu überprüfen, verwendeten Pöllath u. a. (2021) die Breite der Trochlea Humeri mehrerer adulter Schafbestattungen. Die Schafe des Tierfriedhofs konnten demnach als mittelgroß und mittelschwer klassifiziert werden (Pöllath u. a. 2021).

In der vorliegenden Arbeit wurde diese Methode unter Verwendung der von Pöllath u. a. (2021) publizierten Referenzdaten auf die Schafbestattungen angewendet, bei denen die Diaphysenbreite des distalen Humerus messbar ist. Die Methode liefert die Unter- und Obergrenzen des 95% Konfidenzintervalls der Altersbestimmung. Für die graphische

Darstellung wurden analog zu den anderen Altersbestimmungsmethoden diese Konfidenzintervalle als Altersspanne verwendet und mittels Aoristischer Summen dargestellt (siehe Abschnitt 2.2.2.4).

### 2.2.2.4. Histogrammdarstellung von Zeitspannen mittels Aoristischer Summen

Um die Altersverteilung archäologischer Faunenreste zu beurteilen, hat sich deren Visualisierung mittels eines Histogramms bewährt. Hierfür muss jedes Einzelstück einer Altersklasse zugeordnet werden, die im Histogramm durch einen Balken dargestellt wird. Die in Kapitel 3 vorgestellte neuartige Methode zur Zahnaltersbestimmung beim Schaf, auf der das von Mutze u. a. (2021b) entwickelte Computerprogramm WoTiS basiert (Abschnitt 3.3), liefert allerdings weder ein exaktes Alter, noch eine Einordnung in vordefinierte Altersklassen, sondern Altersspannen, die in ihrer Länge vollkommen unterschiedlich sein und sich auch überlappen können. Dasselbe Problem tauchte in dieser Arbeit auch beim Epiphysenalter auf. Da das bearbeitete Fundgut aus mehr oder weniger vollständigen Skeletten besteht, konnte das Epiphysenalter teils enger und teils weniger eng eingegrenzt werden. In seltenen Fällen war eine Wachstumsfuge gerade im Verwachsen, was eine recht genaue Altersschätzung ermöglichte. In vielen Fällen musste das Epiphysenalter aber durch die letzte bereits verwachsene und die erste noch unverwachsene Fuge eingegrenzt werden, wodurch sich Zeitspannen ergaben, die kürzer, aber auch länger ausfallen konnten, besonders im Falle unvollständiger Skelette, bei denen einzelne Epiphysenfugen nicht beurteilbar waren. Wie beim Zahnalter tauchten auch beim Epiphysenalter Zeitspannen auf, die nach oben hin unbegrenzt waren, nämlich dann, wenn alle vorliegenden Wachstumsfugen bereits verwachsen waren. Diese Umstände erschwerten die Darstellung der Altersdaten in Histogrammform.

Da eine Interpretation der Rohdaten ohne graphische Darstellung jedoch nahezu unmöglich ist, wurde im Rahmen dieser Arbeit ein besonderer Weg gewählt, um die gewonnenen Daten in Form von Histogrammen darzustellen. Das Programm WoTiS verwendet diese Methode in automatisierter Form zur Erzeugung des „AgeByWearHistogram“ (Mutze u. a. 2021b), für die Auswertung des Epiphysenalters wurde sie händisch durchgeführt. Dabei wird vorgegangen wie folgt, Beispiele sind in Abbildung 2.1 dargestellt.

Da die y-Achse die Anzahl der Skelette (Epiphysenalter) bzw. der einzelnen Unterkiefer (Zahnalter) darstellt, belegt jedes Individuum (Skelett/Unterkiefer) insgesamt eine Balkenhöhe von 1. Wenn die für ein Individuum ermittelte Altersspanne klein ist und die Breite eines Balkens nicht überschreitet, erhält dieser Balken die volle Höhe von 1 (Abb. 2.1, weibliches Tier). Umfasst der Altersbereich jedoch mehr als einen Balken, wird die Höhe von 1 proportional auf die beteiligten Balken aufgeteilt (Abb. 2.1, Tier unbekannten Geschlechts). Dieser Ansatz wurde erstmals von Ratcliffe u. McCullagh (1998) für ein analoges Problem in der Kriminalitätsanalyse verwendet. Dort ist der Zeitpunkt, zu dem ein Verbrechen begangen wird, von zentraler Bedeutung und soll graphisch dargestellt werden. Dieser kann jedoch häufig nicht genau ermittelt werden, z.B. wenn jemand sein Haus verlässt und erst Stunden später bei seiner Rückkehr feststellt, dass in der Zwischenzeit eingebrochen wurde. Ratcliffe u. McCullagh (1998) prägten für solche Verbrechen den Begriff „aoristisches Verbrechen“, wobei sie ein aus dem Griechischen ab-

## 2. Material und Methoden

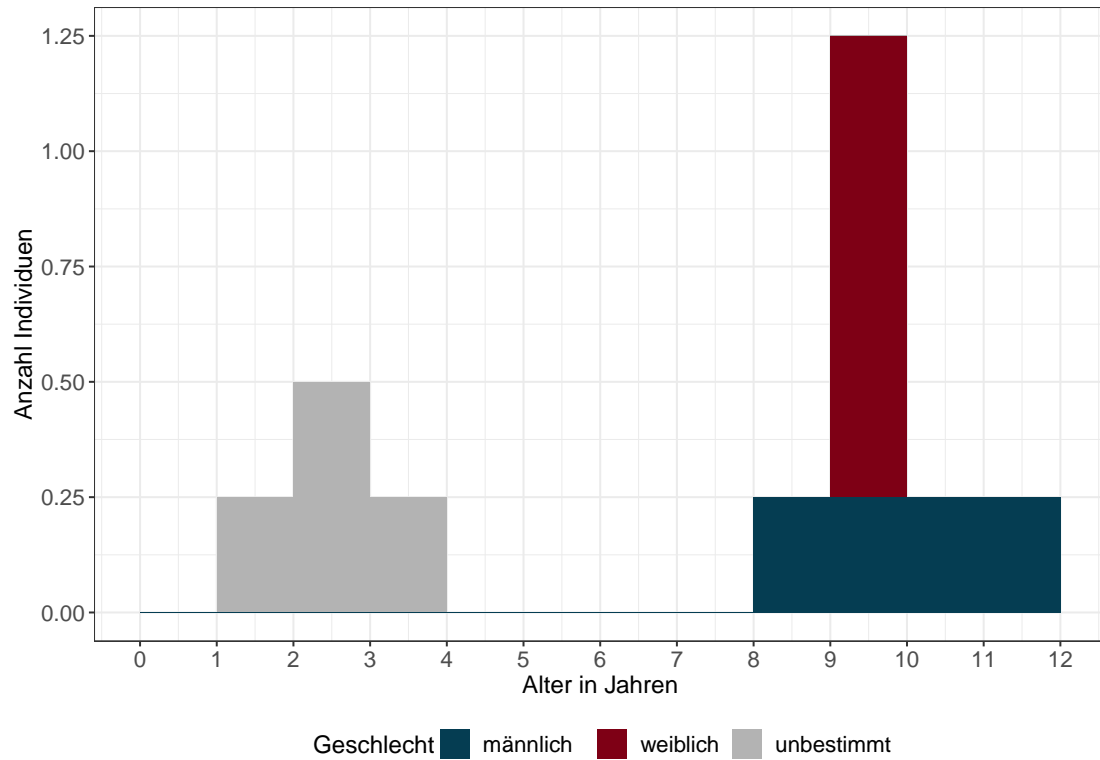


Abbildung 2.1.: Beispielhistogramm mit drei fiktiven Tieren: Ein Tier unbekannten Geschlechts im Alter zwischen 1,5 und 3,5 Jahren (grau), ein weibliches im Alter zwischen 9 und 10 Jahren (rot) und ein männliches im Alter über 8 Jahre (blau). Das maximale zu erwartende Lebensalter dieser fiktiven Population wird mit 12 Jahren angenommen, daher ist die Graphik auf 12 Jahre begrenzt. Die Balkenbreite beträgt 1 Jahr.

## 2. Material und Methoden

geleitetes Wort verwendeten, das „unbestimmt“ bedeutet (Ashby u. Bowers 2013). Die Anzahl der Individuen/Unterkiefer/Verbrechen, die auf der y-Achse eines solchen Histogramms dargestellt wird, ist daher als „aoristische Summe“ zu bezeichnen (David Orton, persönliche Mitteilung, 2019).

Da im Falle der Altersbestimmung sowohl nach dem Zahnalter (vgl. Mutze u. a. 2021b) als auch nach dem Epiphysenschluss Altersspannen auftreten, für die keine Obergrenzen bestimmt werden können, muss für die Darstellung in Histogrammform eine künstliche Obergrenze festgelegt werden (Abb. 2.1, männliches Tier, künstliche Obergrenze 12 Jahre). Die letzten Balken eines solchen Histogramms werden durch diese unbegrenzten Altersspannen immer eine von 0 verschiedene Höhe besitzen, was nicht zwingend bedeutet, dass tatsächlich Tiere dieses Alters vorhanden sind. Solche informationsleeren Balken sind meist an ihrer exakt gleichen Höhe zu erkennen. Bei der Interpretation einer solchen Graphik ist dieser Sachverhalt zu berücksichtigen.

### 2.2.3. Geschlechtsbestimmung

Die Geschlechtsbestimmung ist bei Schafen am Hüftbein gut möglich. Boessneck u. a. (1964) legen die Unterschiede anschaulich dar. Demnach ist das weibliche Becken bei gleichen Außenmaßen geräumiger, woraus ein zierlicherer Bau des Hüftknochens resultiert. Sofern Hüftknochen adulter Tiere vorlagen, war die Unterscheidung männlicher und weiblicher Schafe im hier beschriebenen Fundgut meist problemlos möglich. Einige Funde nehmen jedoch eine Zwischenstellung ein. In diesen Fällen wird eine Kastration als Ursache in Betracht gezogen, da sich Hammel bezüglich der Ausprägung ihrer geschlechtsspezifischen Merkmale den weiblichen Tieren annähern (Boessneck u. a. 1964). Am Schädel sind männliche und weibliche Schafe ebenfalls meist gut unterscheidbar. Unabhängig vom Gehörn sind die Schädel der männlichen Tiere dickwandiger (Boessneck u. a. 1964). Auch hier werden Zwischenformen als Indizien für eine mögliche Kastration gewertet, auch wenn andere Ursachen ebenso in Betracht kommen. So können die Schädelknochen männlicher Tiere beispielsweise auch durch einen ernährungsbedingten Mineralisationsmangel an Wandstärke verlieren.

Wenn weder Hüftknochen noch Schädel vorlagen, wurde in Einzelfällen das Geschlecht anhand der Maße bestimmt. Da beim Schaf der Geschlechtsdimorphismus bezüglich der Körpergröße nicht sehr stark ausgeprägt ist, überschneiden sich die Maße männlicher und weiblicher Tiere großflächig, weshalb diese Methode nicht leichtfertig angewendet werden sollte. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnten die Maße allerdings in einzelnen Fällen guten Gewissens zur Geschlechtsbestimmung herangezogen werden, da die vielen sicher bestimmbaren männlichen und weiblichen Schafskelette eine gute Vergleichsbasis lieferten. So wurden alle adulten Tiere, die nach dem mittleren *LSI* (siehe Abschnitt 2.2.5.2) kleiner sind als das kleinste sicher männliche Schaf, als weiblich eingestuft und alle, die größer sind als das größte weibliche Schaf, als männlich. Beim Hund wurde nur dann eine Aussage über das Geschlecht getroffen, wenn der Penisknochen vorlag. An den Katzenskeletten wurde keine Geschlechtsbestimmung durchgeführt und die Rinder und die eine Ziege waren ausnahmslos zu jung für eine Geschlechtsbestimmung.

### 2.2.4. Dokumentation pathologischer und taphonomischer Veränderungen

Im Bewusstsein, dass die Knochen im Zuge der Auswertung nicht erneut würden begutachtet werden können, wurden sämtliche morphologisch abweichende Knochenfunde detailliert beschrieben. Hierbei lag der Fokus auf der objektiven und möglichst genauen Wiedergabe des Gesehenen. Bei intravital frakturierten Knochen wurde neben der Beschreibung bereits während der Untersuchung eine Klassifizierung in Stadien des Heilungsprozesses vorgenommen. Unterschieden wurde hierbei zwischen unverheilten Frakturen mit Zusammenhangstrennung, verheilenden Frakturen, bei denen die Bruchstücke bereits durch Kallusgewebe verbunden waren und verheilten Frakturen mit weitestgehend zurückgebildetem Kallus. Diese Klassifizierung findet sich auch in der Tabelle aller traumatischen Veränderungen in Anhang B.1.

Zusätzlich zu ihrer detaillierten Beschreibung wurden Besonderheiten an Knochen auch photographisch dokumentiert. Ab der Herbstkampagne 2015 wurde hierbei mit Spiegelreflexkameras der Marke Nikon (Modelle D300 und D7000) und einem Makro-Objektiv mit 60mm Festbrennweite gearbeitet. Als Stativ wurde ein Manfrotto Magic Arm verwendet. Eine Lichtbox der Firma B.I.G. gewährleistete eine gleichbleibend gute Ausleuchtung, sodass tageszeitunabhängig photographiert werden konnte. In der Herbstkampagne 2015 wurden die Knochen zum Photographieren noch mithilfe von Knetmasse auf Papier gelagert. Dies hat jedoch den Nachteil, dass sich aufgrund der äußerst unterschiedlichen Formen nicht jeder Knochen in der gewünschten Position lagern lässt. Außerdem ist die Knetmasse bei hohen Temperaturen, wie sie vor Ort häufig herrschten, nicht ausreichend formstabil. Deshalb wurde ab der Frühjahrskampagne 2016 mit einer Plastikbox gearbeitet, die mit grün eingefärbtem Sand gefüllt war. Im Sand lassen sich auch sehr kleine Knochen und Knochenfragmente leicht positionieren und die grüne Farbe gewährleistet einen guten Kontrast. Auch die Positionierung des Maßstabes in der Fokusebene war im Sand leichter möglich.

### 2.2.5. Vermessung der Knochen

Alle Knochen wurden, soweit möglich, nach von den Driesch (1976) vermessen. Anhang E enthält sämtliche Maße der Tierbestattungen, getrennt nach Tierarten und Skelettelementen. Es wurde ein analoger Messschieber mit einer Länge von 250 mm verwendet. Maße wurden auf Zehntel Millimeter genau dokumentiert. In sehr seltenen Fällen war ein Langknochen zu lang, dann wurde statt des Messschiebers ein Maßband verwendet und nur auf einen Millimeter genau gemessen. Ebenso wurden Länge und Umfang von Hornzapfen mit dem Maßband gemessen.

#### 2.2.5.1. Widerristhöenschätzung

Die Größe vierfüßiger Säugetiere wird üblicherweise in Form der Widerristhöhe, auch Stockmaß genannt, angegeben. Die Widerristhöhe wird nicht von der Kopfhaltung beeinflusst und ist bei nahezu allen vierfüßigen Säugetieren unabhängig vom Verlauf der Rückenlinie eindeutig bestimmbar, was sie als Maß für die Größe prädestiniert. Am archäologischen Fundgut kann die Widerristhöhe anhand der Längenmaße vollständiger

## 2. Material und Methoden

Langknochen geschätzt werden. Hierfür wird die Länge des Knochens mit einem Faktor multipliziert.

Die von Teichert (1975, 63) für ur- und frühgeschichtliche Schafe angegebenen Faktoren ergaben bei den Schafskeletten des hier beschriebenen Materials für verschiedene Skelettelemente systematisch unterschiedliche Widerristhöhen, was auf deutliche Proportionsunterschiede zwischen den von Teichert untersuchten Schafen und den Schafen aus Syene hindeutet. Um eine genauere Widerristhöhenschätzung auch anhand isolierter Langknochen zu ermöglichen, wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit mithilfe der zahlreichen nahezu vollständigen Schafskelette aus dem Tierfriedhof eigene Faktoren ermittelt, die die Proportionen dieses Schaftyps besser widerspiegeln. Wie hierbei genau vorgegangen wurde, ist in Abschnitt 4.3.1 dargestellt.

Für die Widerristhöhenschätzung beim Hund wurden zunächst die Methoden von Harcourt (1974) und Koudelka (1885) anhand des hier beschriebenen Fundguts verglichen. Beide verwenden die Längenmaße der Skelettelemente Humerus, Radius, Ulna, Femur und Tibia, doch während Koudelka diese einfach mit Faktoren multipliziert, verwendet Harcourt zusätzlich zu Faktoren noch feste Werte, die nach der Multiplikation addiert oder subtrahiert werden. Der Unterschied beider Methoden erweist sich bezüglich der mittleren Widerristhöhe adulter Hunde ( $n=22$ ) als verschwindend gering (Harcourt 47,46 cm; Koudelka 47,07 cm). Um zu testen, welche Methode die Proportionen der Hunde aus dem Fundgut besser widerspiegelt, wurden die (Teil-)Skelette verwendet, von denen mindestens zwei Längenmaße vorliegen ( $n=16$ ). Für jedes dieser Individuen wurde die Differenz der größten und kleinsten errechneten Widerristhöhe ermittelt. Der Mittelwert dieser Differenzen beträgt nach Harcourt 1,58 cm und nach Koudelka 2,54 cm. Daraus kann geschlossen werden, dass die Methode von Harcourt die Proportionen der Hunde des Tierfriedhofs etwas besser widerspiegelt, weshalb ihr im Rahmen der vorliegenden Arbeit der Vorzug gegeben wird.

### 2.2.5.2. Logarithm Size Index (LSI)

Auch bei den Breitenmaßen besteht der Bedarf, Maße verschiedener Skelettelemente vergleichbar zu machen. Während die Widerristhöhenschätzung diesen Zweck für die Längenmaße erfüllt, hat sich für die Breiten- und Tiefenmaße eine andere Methode etabliert, die Auswertung des *Logarithm Size Index*, kurz *LSI*. Dieser wird mit folgender Formel berechnet (Meadow 1981; 1999):

$$LSI = \log x - \log m$$

Dabei ist  $x$  das Maß an dem zu untersuchenden Knochen und  $m$  das entsprechende Maß des Standardindividuums. Es werden folglich durch diese Methode Maße verschiedener Skelettelemente vergleichbar gemacht, indem sie auf ein Standardindividuum bezogen werden. Der *LSI* nimmt negative Werte an, wenn das zu untersuchende Maß kleiner ist als das entsprechende Maß des Standardindividuums und positive Werte, wenn es größer ist. Die Logarithmierung bewirkt, dass generelle Unterschiede in den Längen der Messstrecken weniger ins Gewicht fallen. Dies funktioniert aber nur, solange diese in



## 2. Material und Methoden

derselben Größenordnung liegen. Aus diesem Grund verbietet sich die gemeinsame Auswertung von Längenmaßen und Breiten- bzw. Tiefenmaßen (Meadow 1999, 295). Diese sollte allerdings schon allein deshalb unterbleiben, weil das Verhältnis von Längen- zu Breiten-/Tiefenmaßen nicht bei allen Individuen als gleich anzunehmen ist, sondern im Gegenteil als typ- und geschlechtsabhängig gilt (Davis 2000). Dies bedeutet auch, dass vom *LSI* der Breiten- und Tiefenmaße nicht ohne Weiteres auf die Größe im Sinne der Höhe der Tiere geschlossen werden kann. Während diese Problematik in der archäozoologischen Methodik allgemein eine Schwäche dieser Methode darstellt, sind in der vorliegenden Arbeit aufgrund des Vorhandenseins vollständiger Skelette Informationen über Geschlecht und Typus der Tiere vorhanden, was die Aussagekraft des *LSI* bedeutend verbessert. Auch das Alter kann hier in den meisten Fällen gut bestimmt werden, was besonders bei Skelettelementen mit früh schließenden Wachstumsfugen essentiell ist, da diese auch nach Schließen der Fuge noch in die Breite wachsen, wodurch der *LSI* zu gering ausfällt. Zudem liegen meist viele Breiten- und Tiefenmaße für ein Skelett vor. Die resultierenden *LSI*-Werte werden gemittelt, wodurch der Effekt eventueller Ausreißer minimiert wird. Der *LSI* stellt folglich für die vorliegende Arbeit eine gute Möglichkeit dar, die Robustheit eines Individuums unabhängig von den vorliegenden Skelettelementen in einer einzigen Zahl auszudrücken.

Ein weiterer Vorteil dieser Methode besteht darin, dass bei sehr unvollständigen oder stark fragmentierten Skeletten stellenweise keine Längenmaße zur Widerristhöhenschätzung zur Verfügung stehen, während Breiten- und Tiefenmaße deutlich häufiger zu nehmen sind. In diesen Fällen erlaubt der *LSI*, trotz der zu berücksichtigenden möglichen Proportionsunterschiede, wenigstens eine grobe Einschätzung der Größe der Tiere. Dieser Vorteil kommt auch beim Größenvergleich der Tierbestattungen mit Siedlungsresten zum Tragen. Da letztere größtenteils aus Schlachtabfällen und folglich aus stark fragmentierten Langknochen bestehen, stellen Längenmaße die Ausnahme dar. Werden hingegen mithilfe des *LSI* Breiten- und Tiefenmaße ausgewertet, stehen deutlich mehr Knochen zur Verfügung, wodurch die Aussagekraft des Vergleichs stark zunimmt (siehe Abschnitt 4.3.1).

Unter den Schaf- und Hundebestattungen wurde jeweils das vollständigste Skelett als Standardindividuum ausgewählt. Bei den Schafen ist dies Tier 42 (männlich), bei den Hunden Tier 274 (männlich). Somit ist gewährleistet, dass die Standardindividuen in ihren Proportionen bestmöglich mit dem zu untersuchenden Material übereinstimmen, was der Aussagekraft der Ergebnisse zugute kommt. Sämtliche Knochenmaße dieser beiden Skelette finden sich in den Maßtabellen in Anhang E, der leichten Auffindbarkeit halber sind die für den *LSI* verwendeten Breiten- und Tiefenmaße der Gliedmaßenknochen dieser Individuen zusätzlich in Tabelle 2.2 zusammengefasst, da sich diese im Rahmen zukünftiger Studien von Schaf- und Hundeknochen aus Ägypten ebenfalls als Vergleichsbasis anbieten.

## 2. Material und Methoden

Tabelle 2.2.: Breiten- und Tiefenmaße (rechts und links gemittelt) der vorhandenen Gliedmaßenknochen der Standardindividuen Tier 42 (Schaf, männlich) und Tier 274 (Hund, männlich). Die Abkürzungen der Messstrecken sind in Anhang E erklärt.

Skelettelement	Messstrecke	Tier 42 (Schaf)	Tier 274 (Hund)
Scapula	SLC	20,75	
	GLP	38,3	29,7
	LG	30,5	26,55
	BG	24,9	19,0
Humerus	Bp	44,7	29,25
	Dp	50,75	39,15
	SD	15,95	13,35
	Bd	34,25	32,45
	BT	32,85	22,65
	Dmd	28,9	
Radius	Bp	34,45	18,55
	BFp	31,7	
	Dp	17,0	12,45
	SD	17,4	12,9
	Bd	34,0	23,9
	Dd	22,15	13,3
Ulna	SDO	24,7	21,45
	DPa	29,05	25,2
	BPc	23,4	18,15
Os carpale II+III (Schaf)	GB	17,0	21,8
Os carpi intermedioradiale (Hund)	GD	16,9	
Os coxae	LA/LAR	33,3	22,8
	SH	16,2	20,2
	SB	9,6	9,7
Femur	Bp	51,0	37,9
	DC	23,5	19,2
	SD	18,4	14,2
	Bd	43,3	32,75
	Dmd	53,5	
	Dld	49,2	
	BTP	21,1	
Patella	GB	23,5	
Tibia	Bp	46,4	34,35
	SD	14,85	14,2
	Bd	32,4	22,25
	Dd	24,2	
Os malleolare	GD	17,2	

## 2. Material und Methoden

Tabelle 2.2.: Breiten- und Tiefenmaße (rechts und links gemittelt) der vorhandenen Gliedmaßenknochen der Standardindividuen Tier 42 (Schaf, männlich) und Tier 274 (Hund, männlich). Die Abkürzungen der Messstrecken sind in Anhang E erklärt.

Skelettelement	Messstrecke	Tier 42 (Schaf)	Tier 274 (Hund)				
Calcaneus	GB	22,7					
	DSust	22,1					
Talus	Dl	18,8					
	Bd	21,4					
Os centroquartale	GB	26,1					
	GD	24,05					
Metacarpus			I	II	III	IV	V
	Bp	27,35					
	Dp	18,2					
	SD	14,3	4,2	6,7	6,55	6,1	6,3
	DD	10,0					
	Bd	26,9	5,9	8,5	7,75	7,65	8,5
	Dd	18,65					
Metatarsus	Bp	22,6					
	Dp	23,6					
	SD	11,7		6,2	7,25	6,2	5,45
	DD	10,4					
	Bd	27,0		8,3	8,1	8,0	7,75
	Dd	18,0					

### 2.2.6. Statistik

Da sich die vorliegende Arbeit mit der Auswertung eines einzigen Fundplatzes beschäftigt, spielen statistische Testverfahren eine vergleichsweise geringe Rolle. Sie wurden nur in zwei Fällen verwendet, nämlich zur Untersuchung von:

1. Unterschieden zwischen zwei unabhängigen Gruppen (Größenvergleich der bestatteten Schafe mit den Siedlungsresten aus Syene, Abschnitt 4.3.1)
2. Korrelationen zweier Merkmale (intraartikuläre Läsionen verschiedener Skelettelemente, Abschnitt 4.3.5.6)

Wie in Abbildung 2.2 dargestellt, ist in beiden Fällen für das weitere Vorgehen entscheidend, ob die zu untersuchenden Daten normalverteilt sind. Die Archäologie steht diesbezüglich im Gegensatz zu anderen Wissenschaften stets vor dem Problem, die zu erhebenden Daten nicht frei wählen zu können. Viel mehr entscheiden äußere Umstände, wie Erhaltungszustand und Größe der Fundstücke sowie ihre räumliche Verteilung, darüber, welche Gegenstände überhaupt geborgen werden und welche Daten daran erhoben

## 2. Material und Methoden

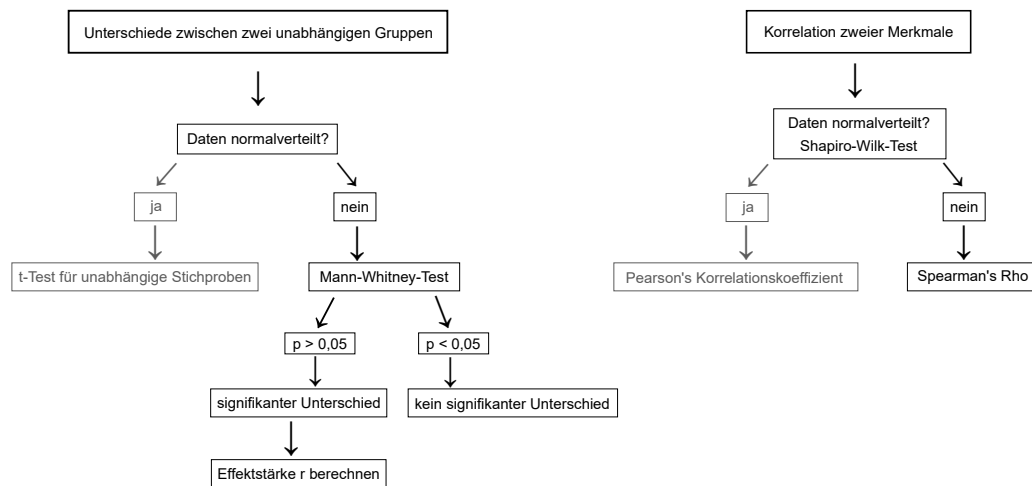


Abbildung 2.2.: Vorgehen bei der Anwendung Statistischer Testverfahren

werden können. Laut Wolverson u. a. (2014) ist daher bei archäologischen Daten generell nicht von einer Normalverteilung auszugehen. Im zweiten Fall, der Korrelation zweier Merkmale, wurde zunächst der Shapiro-Wilk-Test durchgeführt (Field u. a. 2012, 182 ff.), der ebenfalls zu dem Ergebnis kommt, dass die vorliegenden Daten nicht normalverteilt sind. Während im Fall einer Normalverteilung der Korrelationskoeffizient nach Pearson zur Anwendung käme, wird im vorliegenden Fall auf Spearman's Rho, auch Spearman's Korrelationskoeffizient genannt, zurückgegriffen (Field u. a. 2012, 223). Im ersten Fall wurde aus den genannten Gründen von vornherein nicht von einer Normalverteilung der Daten ausgegangen und daher der Mann-Whitney-Test verwendet, auch bekannt als Wilcoxon Rangsummentest (Field u. a. 2012, 655 ff.). Im Falle eines signifikanten Unterschieds ( $p < 0,05$ ) wurde zusätzlich die Effektstärke  $r$  berechnet, da die Signifikanz allein keinen Hinweis auf die Bedeutsamkeit eines Unterschieds liefert (Wolverson u. a. 2014; Field u. a. 2012, 57 f.). Bei der Bewertung der Effektstärke wurde Wolverson u. a. (2014) gefolgt (schwach:  $r=0,1$ ; mittel:  $r=0,3$ ; stark:  $r=0,5$ ). Ein solcher statistischer Größenvergleich zwischen den Tieren aus dem Friedhof und der Siedlung konnte nur für das Schaf erfolgen. Beim Hund wurde aufgrund der geringen Anzahl an Maßen aus dem Siedlungsmaterial darauf verzichtet. Die bestatteten Rinder und Katzen waren fast ausnahmslos noch nicht ausgewachsen, sodass ein solcher Vergleich hier ebenfalls entfallen muss.

### 3. Eine neuartige Methode der Zahnaltersbestimmung beim Schaf

Während der archäozoologischen Untersuchung der Schafbestattungen aus dem Tierfriedhof von Syene deutete die bereits erwähnte auffällige Diskrepanz zwischen Zahn- und Epiphysenalter (siehe Abschnitt 4.3.5.2) darauf hin, dass die Zähne dieser Tiere sich übermäßig schnell abgenutzt hatten. Folglich würden gängige Methoden der Zahnaltersbestimmung fehlerhafte Aussagen produzieren. Die nähere Untersuchung dieses Phänomens führte zur Entwicklung einer neuen Methode, die zunächst die Zahnabnutzungsgeschwindigkeit bestimmt und erst dann, unter Berücksichtigung dieser Zahnabnutzungsgeschwindigkeit, das Zahnalter der betreffenden Schafe ermittelt. Diese Methode wurde in Form zweier Artikel vorgestellt, die in dieses Kapitel eingebunden sind (3.2, 3.3). Im Vorfeld soll jedoch ein kurzer geschichtlicher Überblick über die Zahnaltersbestimmung beim Schaf gegeben werden.

#### 3.1. Zahnaltersbestimmung beim Schaf: Ein geschichtlicher Überblick

Bereits in der Antike war bekannt, dass die Zähne der Säugetiere Aufschluss über ihr Alter geben können. Die meisten Autoren beschränkten sich allerdings auf Aussagen über das Pferd (Kroon 1916), was sich dadurch erklären lässt, dass dieses stets eine zentrale Rolle in der Kriegsführung einnahm. Sein Wert hing sowohl von der Ausbildung, die es genossen hatte, als auch von seiner noch zu erwartenden Nutzungsdauer ab und stand folglich in direkterem Zusammenhang mit seinem Lebensalter als dies bei anderen Tierarten der Fall war. Lediglich Aristoteles (384 - 322 v. Chr.) macht in seiner „*Historia animalium*“ (II, 1-2) auch Aussagen über die Zahnaltersbestimmung bei Rind, Schwein und Hund, die jedoch so nicht haltbar sind. So behauptet er beispielsweise, dass beim Schwein überhaupt kein Zahnwechsel stattfindet (Kroon 1916).

Die ersten Angaben über den Zahnwechsel beim Schaf macht de Buffon (1758). Diese Angaben decken sich im Wesentlichen mit denen späterer Autoren (z.B. Habermehl 1975), beziehen sich allerdings nur auf die Schneidezähne. Bezüglich der Zahnabnutzung schreibt er, dass die Schneidezähne im dritten Jahr eben und ganz weiß sind und mit zunehmendem Alter stumpfer, ungleicher und schwärzer werden. Simonds (1855) macht bereits recht genaue und auch nach modernen Erkenntnissen haltbare Angaben zum Wechsel der Backenzähne. Er gibt den Durchbruch der  $M_1$  mit 3 Monaten, den der  $M_2$  mit 9 Monaten und den der  $M_3$  mit 18 Monaten an. Den Wechsel der Prämolaren datiert er auf 27 Monate. Seine Ausführungen beziehen sich auf eigene Untersuchungen,

### 3. Eine neuartige Methode der Zahnaltersbestimmung beim Schaf

bei denen er unter anderem feststellte, dass die Schneidezähne in ihrem Durchbruchzeitpunkt deutlich stärker variieren als die Backenzähne. Dies gilt für den Unterschied zwischen den verschiedenen Schafrassen, aber ebenfalls für den damals bereits bekannten Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Schafen, dergestalt, dass die Zähne bei den Männchen etwas früher durchbrechen. Bezüglich des Abriebs der Backenzähne erwähnt er, dass dieser nach dem Zahnwechsel bei der Altersbestimmung helfen könne. Als Kriterium beschreibt er, dass der Abstand zwischen den äußeren und inneren Schmelzkanten mit der Zeit größer wird. Er führt jedoch nicht näher aus, wie sich dies für die Altersbestimmung verwerten lässt. Die von Cornevin und Lesbre (1894) angegebenen Durchbruchzeiten decken sich weitgehend mit den Angaben von Simonds (1855), bis auf den Wechsel der Prämolaren, den sie mit 21 Monaten angeben. In die Altersbestimmung nach dem Zahnabrieb beziehen sie nur die Schneidezähne ein.

Behr (1928) stellt in seiner Arbeit über die Abnutzung der Zähne bei den Karakul-Schafen erstmalig eine anwendbare Methode für die Altersbestimmung auf Basis des Zahnabriebs vor. Er verwertet dafür gleichermaßen die Schneide- wie die Backenzähne und unterscheidet bei letzteren zwischen scharfsatteligen, flachsatteligen, ebenen und ausgehöhlten Reibeflächen. Ein besonderes Merkmal seiner Methode ist, dass er nicht nur die Backenzähne des Unter-, sondern auch die des Oberkiefers miteinbezieht, was sich in der archäozoologischen Methodik bis heute nicht durchgesetzt hat. Dies erklärt sich dadurch, dass Behrs Ziel die Altersbestimmung am lebenden Tier war, wo die Backenzahnreihe des Oberkiefers ebenso leicht bzw. schwer zu untersuchen ist wie die des Unterkiefers. Bei der Untersuchung von archäologischem Fundgut hingegen weisen die Zähne des Oberkiefers gegenüber denen des Unterkiefers gleich zwei methodische Nachteile auf: Zum einen ist der Oberkiefer deutlich weniger kompakt gebaut als der Unterkiefer, weshalb er häufig zerbricht und folglich im archäologischen Fundgut die Oberkieferzähne meist isoliert vorliegen. Dies schmälert ihre Aussagekraft bezüglich des Lebensalters gegenüber einer vollständigen Zahnreihe deutlich. Zum zweiten kommt für Schaf und Ziege erschwerend hinzu, dass bis heute keine eindeutigen Merkmale beschrieben wurden, die eine einigermaßen zuverlässige Unterscheidung der beiden Tierarten anhand der Oberkieferzähne zulassen. Ist die Artbestimmung nicht möglich, entfällt für den Archäozoologen in der Regel auch der Nutzen einer Zahnaltersbestimmung, dient diese doch in erster Linie dazu, Aussagen über die Nutzung der jeweiligen Tierart zu treffen. Es ist jedoch zu hoffen, dass solche Merkmale in näherer Zukunft gefunden werden, wodurch die Oberkieferzähne für die archäozoologische Zahnaltersbestimmung bedeutend an Wert gewinnen würden. Die in den nachstehenden beiden Publikationen vorgestellte Methode wäre, entsprechende Vergleichsdaten vorausgesetzt, in der Lage, auch Backenzahnreihen von Oberkiefern zu verwerten.

Von archäozoologischer Seite liefern Ewbank u. a. (1964) eine systematische Methode zur Erfassung und Auswertung des Zahndurchbruchs. Dieser wird in mehrere detaillierte Stadien eingeteilt, die bis heute Verwendung finden. Sobald alle Prämolaren und Molaren in volle Reibung getreten sind, also ab einem Alter von ungefähr zwei Jahren, ist eine Altersbestimmung nach dieser Methode jedoch nicht mehr möglich. Ab diesem Zeitpunkt kann einzig und allein der Zahnabrieb eine Altersbestimmung ermöglichen.

Es entwickelten sich hierfür zwei verschiedene Ansätze: Die Messung der Kronenhöhe

### 3. Eine neuartige Methode der Zahnaltersbestimmung beim Schaf

und die Beurteilung der Okklusalfäche. Die Okklusalfäche stellt den Querschnitt der Zahnkrone dar und die Innenstrukturen des Zahns sind nicht auf der gesamten Kronenhöhe gleich, sodass die aus Dentin und Schmelz gebildete Oberflächenstruktur ebenso wie die Kronenhöhe einen Rückschluss darauf erlaubt, welcher Teil des Zahns bereits abgerieben ist. Eine Methode zur Altersbestimmung mittels Kronenhöhenmessung wurde 1968 von Ducos vorgestellt und 1988 ausformuliert (Ducos 1968; 1988). Ducos berücksichtigt innerartliche Größenunterschiede, indem er die Kronenhöhe durch die Breite an der Basis teilt. Für die erste Hälfte der Lebensspanne der Zähne setzt er eine lineare Abnahme dieses Index voraus und wendet seine Methode deshalb nur bei relativ jungen Individuen an. Klein u. a. (1981; 1983) und Klein und Cruz-Uribe (1983) wählen eine andere Herangehensweise. Sie wenden die Methode auch auf ältere Individuen an, setzen aber die Kurve einer quadratischen Gleichung für die Abnahme der Kronenhöhe voraus. Sie bilden keinen Index, sondern verwenden nur die Kronenhöhe, wodurch innerartliche Größenunterschiede unberücksichtigt bleiben.

Für die Altersbestimmung anhand des Abkaumusters der Okklusalfächen stellen Sebastian Payne (1973) und Annie Grant (1975a) zwei Methoden vor, die sich stark ähneln. Beide Methoden weisen jedoch spezielle Stärken und Schwächen auf, was vermutlich zusammen mit ihrer nahezu zeitgleichen Entwicklung dazu geführt hat, dass beide bis heute gebräuchlich sind. Die große Stärke von Paynes System ist seine absolute Lückenlosigkeit. Mithilfe der Codes, die er 1987 liefert (Payne 1987), lässt sich jeder denkbare Zustand eines Zahns eindeutig benennen, auch, wenn die Abkautung unregelmäßig verlaufen ist. Dagegen ist Grants System weitaus ungenauer, sodass immer wieder Zähne gefunden werden, die nicht eindeutig einem Stadium zugewiesen werden können. Ihre Methode hat jedoch andere Vorteile. Zum einen sind die Codes so gewählt, dass in ihnen die anatomische Analogie der Backenzähne zum Ausdruck kommt, indem die analogen Stadien der verschiedenen Zähne gleich benannt werden. Diese elegante Lösung hat für den Anwender hauptsächlich den praktischen Nutzen, dass er sich die Codes besser merken kann. Darüber hinaus bietet Grant mit ihren „mandible wear stages“ (MWS) eine einfache Möglichkeit, ganze Unterkiefer einzustufen. Diese Möglichkeit besteht in Paynes System zwar auch, jedoch sind seine „stages“ deutlich weiter gefasst und damit ungenauer. Ein Vorteil seines Systems besteht allerdings darin, dass er bereits 1973 zu seinen „stages“ auch geschätzte Altersspannen liefert und diese durch seine Arbeit an lebenden türkischen Angora Ziegen (Deniz und Payne 1979; 1982) noch verfeinert. Eine vergleichbare Fortsetzung seiner Arbeit liefert Jones (2006) mit einer Studie an lebenden englischen Schafen und kommt dabei zu ähnlichen Ergebnissen. Grant hingegen gibt für ihre MWS bewusst keine Altersschätzungen an und verweist auf die große Variabilität der Zahnabnutzungsgeschwindigkeit (Grant 1978; 1982).

Die in den folgenden beiden Publikationen vorgestellte Methode greift diesen Punkt auf. Während bisher bezüglich der Zahnabnutzungsgeschwindigkeit nur von verschiedenen Vergleichspopulationen auf die zu untersuchende Population geschlossen wurde, kann mit dieser Methode an der zu untersuchenden Population selbst die Zahnabnutzungsgeschwindigkeit bestimmt und somit eine zuverlässigere Altersbestimmung durchgeführt werden.





### **3.2. Old Dentitions and Young Post-crania: Sheep Burials in the Ptolemaic-Early Roman Animal Necropolis at Syene/Upper Egypt**

Dieser Artikel basiert auf einem Vortrag, der im Juni 2017 beim 13. ASWA (Archaeozoology of Southwest Asia and Adjacent Areas) Meeting in Nikosia (Zypern) gehalten wurde. Er hat ein Peer-Review durchlaufen, ist zum Druck angenommen und wird im entsprechenden Tagungsband erscheinen:

Archaeozoology of Southwest Asia and Adjacent Areas XIII. Proceedings of the thirteenth International Symposium, University of Cyprus, Nicosia, Cyprus, June 7-10, 2017. Lockwood Press, Atlanta.



# 1.8 | Old Dentitions and Young Post-crania

## Sheep Burials in the Ptolemaic–Early Roman Animal Necropolis at Syene / Upper Egypt

Ursula R. Mutze,<sup>\*</sup> Wolfgang Müller,<sup>†</sup> Mariola Hepa,<sup>\*</sup> and Joris Peters<sup>‡</sup>

### Abstract

Excavations at the Ptolemaic–Early Roman animal necropolis at Syene/Aswan in Upper Egypt revealed the presence of more than 300 domestic animal skeletons. Sheep predominate in this assemblage, but dogs, cats, and cattle were ritually buried as well. Animals have been deposited in toto in shallow pits without prior mummification. Ongoing archaeozoological analysis of sheep shows some interesting patterns meriting a closer look. Methodologically the discrepancy between age estimates based on eruption and/or abrasion of teeth and the individual's epiphyseal status is of particular interest. To quantify this discrepancy, we compared recordings with those obtained from a modern population of known-age sheep: the Karakul population housed in the Julius Kühn Collection in Halle an der Saale, Germany. The rate at which tooth wear takes place in the different populations is evaluated and possible causal relationships discussed. Being essential to reconstruct demographic profiles, an approach to estimate tooth-wear rate in ancient sheep populations will be presented.

### Keywords

*Ptolemaic–Roman Egypt, animal necropolis, sheep, aging criteria, tooth wear, mandibles, dental attrition*

### Introduction

The animal necropolis of Syene was excavated between 2011 and 2015 by the joint mission of the Swiss Institute of Architectural and Archaeological Research in Cairo and the Aswan Inspectorate of the Ministry of State for Antiquities (Müller 2014; Pilgrim et al. 2012, 2015; Pilgrim and Müller 2013, 2014). It is in the ancient town of Syene—modern Aswan in Upper Egypt—and is situated in the south-eastern corner of the Late Period town wall near the Temple of Isis.

Animals were buried around Building 1 (Figure 1.8.1), a structure consisting of a podium with a stair-

case to its north. Over time, several courtyards were added to the layout. Massive dung accumulations in these courtyards indicate that animals were not only buried but also kept in the area of the necropolis (Hepa et al. 2018). While the archaeological evidence clearly shows that there is a connection between burials and the building, the exact nature of this relationship has yet to be established. In the absence of parallels for the building in Egypt, the architectural features suggest a tentative interpretation as a small podium temple of a type known from other parts of the eastern Mediterranean in the Late Classical and Hellenistic periods (Conze and Schazmann 1911). The architectural development of the building

<sup>\*</sup> Department of Veterinary Sciences, Institute of Palaeoanatomy, Domestication Research and the History of Veterinary Medicine, Ludwig Maximilians University, Kaulbachstraße 37 III, D-80539, Munich, Germany  
([Ursula.Mutze@palaeo.vetmed.uni-muenchen.de], corresponding author)

<sup>†</sup> Swiss Institute for Architectural and Archaeological Research on Ancient Egypt in Cairo, 11/13 Sh. El-Shaer Aziz Abaza, Cairo 11211 (Zamalek), Egypt

<sup>‡</sup> Department of Veterinary Sciences, Institute of Palaeoanatomy, Domestication Research and the History of Veterinary Medicine, Ludwig Maximilians University, Kaulbachstraße 37 III, D-80539, Munich, Germany; SNSB, State Collection of Anthropology and Palaeoanatomy, Karolinenplatz 2, D-80333, Munich, Germany



Figure 1.8.1. Site plan with Building 1 and the animal burials. (Plan by W. Müller and M. Hepa, courtesy of the Swiss Institute of Architectural and Archaeological Research on Ancient Egypt in Cairo.)

and its surrounding architecture was organized into three major phases.

The necropolis was used from the first half of the second century BC until the end of the first century AD (Pilgrim et al. 2016). While the southern, eastern,

and northern limits of the necropolis are defined, it continues toward the west under a modern street. The excavated area of the cemetery covers around 420 m<sup>2</sup>. Approximately 320 animal burials have been excavated within this area. Numerous empty pits

and dislocated bones scattered all over the site constitute evidence of a significantly higher number of original burials. Burials could be attributed to the architectural phases of Building 1. The number of burials increased over time and reached its peak in the second half of the first century AD, just before the area around Building 1 was reorganized into a domestic quarter of the town (Koch and Müller 2014).

Most of the animals were sheep, but some dogs, cats, and young cattle were buried as well. Animals were deposited in shallow pits without prior mummification. In the course of the necropolis's use, some changes in burial customs were observed. During the earliest phase of the necropolis, some pottery—mostly small bowls and plates—was found in or around the pits. During the later phases, no more pottery was deposited in graves, but the heads or bodies of the animals were covered with sherds from large vessels. Such a sheep burial is shown in Figure 1.8.2.

## Material and Methods

### *Ancient Sheep Herd Composition*

From a total of 247 sheep burials, 197 had been analyzed archaeozoologically as of September 2018 and are included in this study. For slightly more than 50% of these it was possible to determine the sex (48 males and 57 females), while in 92 individuals sexing was problematic due to either their very young age or only partial preservation. Based on the greatest lengths (GL) of all long bones available per individual, we calculated the individual withers height by applying the factors proposed by Teichert (1975). Adult rams averaged 68.3 cm (N = 32, minimum = 60.8 cm; maximum = 77.3 cm) and ewes 63.9 cm in withers height (N = 44, minimum = 55.3 cm; maximum = 72.1 cm).

According to epiphyseal fusion age provided by Habermehl (1975), sheep from Syene could be classified into seven age classes (Table 1.8.1). From this we can conclude that nearly one-fifth of individuals died in their first year, while more than half of deposited sheep were older than four years of age.

Such an age distribution indicates natural deaths rather than selective, human-controlled kill-off. In sheep older than three years of age, a sex-related difference can be observed. Among animals aged between three to five years old, ewes outnumber



Figure 1.8.2. Sheep burial (skeleton 207, 14-2-61-3/1). The ram's head was covered with potshards. (Photograph by W. Müller and M. Hepa.)

Table 1.8.1. Age distribution in Syene sheep.

Age	%	N
<3 months	12.2	24
3 months–1 year	7.6	15
1–2 years	4.6	9
2–3 years	5.1	10
3–4 years	14.2	28
4–5 years	24.9	49
>5 years	31.5	62

rams, while in the elder group—more than five years of age—males exceed females in numbers:  $\chi^2$  (df = 1, N = 90) = 12.321;  $p$  = 0.00045. Since the epiphyses of ewes are known to fuse slightly earlier than those of rams (Davis 2000), this bias may have been even more pronounced since, compared to rams, the ages of ewes tend to be underestimated. Ewes' higher mortality, early in adulthood, might be explained by causes of death associated with reproduction, such as birthing complications, mastitis, nutritional deficiencies, or similar.

### *Dental versus Epiphyseal Aging*

During archaeozoological examination, dental wear stages were recorded following the scoring system proposed by Payne (1973, 1987). Payne's stages can be allocated to four broad stages:

- (1) Eruption
- (2) Early wear stages (1A to 8A for  $M_1$  and  $M_2$ , 1A to 10G in  $M_3$ )
- (3) Long-lasting mature wear stage (9A for  $M_1$  and  $M_2$ , 11G for  $M_3$ )
- (4) Gradual wearing away of the base of the infundibula (>9A for  $M_1$ ,  $M_2$ , >11G for  $M_3$ )

Epiphyseal fusion of long bones and vertebrae was documented as well. However, Syene's sheep demographic profiles produced with the two methods yielded consistently different results. Age estimates based on dentition indicated much older individuals than age estimates based on bone epiphyseal fusion. This discrepancy can be explained either by accelerated tooth wear or delayed bone epiphyseal fusion. For several reasons, the former is a more likely explanation. Popkin et al. (2012), for instance, noted a maximum delay of 12 months in the fusion of late fusing bone epiphyses due to poor nutrition. In Syene's sheep, however, we observed discrepancies of up to five years of age, which cannot be explained by delayed bone epiphyseal fusion only. There are additional arguments pointing to tooth wear as the main reason for the observed discrepancy. Understandably, food intake has a major effect on tooth wear (Healy and Ludwig 1965; Grant 1978), and nutrition in sheep in southern Egypt might not be comparable to that of Europe or Southwest Asia. Moreover, in Syene's faunal assemblage extreme tooth wear is not only restricted to sheep but has also been noted for dogs. Their upper and lower dentitions are extremely worn with extensive exposure of dentine and even antemortem tooth loss. The problem is also well known in humans. In his article on dental problems in human skeletons and mummies from the Old Kingdom, Filce Leek (1984) states that "almost every dentition from early childhood onwards" shows heavy wear of the teeth (Filce Leek 1984:125). He offers several explanations for this phenomenon, although not all of them apply to our material, like the intentional adding of sand prior to grinding cereals. He also mentions what we noted during fieldwork,

namely that "anyone who has experienced eating food on a windswept desert will not be surprised that mineral particles become incorporated in their food" (Filce Leek 1984:125). Naturally, this observation also applies to animals. Grant (1982) gives combinations of molar stages in sheep and goat mandibles from nine archaeological sites in the United Kingdom. Combinations with advanced wear on  $M_1$  are on the right-hand side and those with more advanced wear on  $M_3$  on the left-hand side of Table 3 in that publication. The combinations found in Syene's assemblage—if indicated in the table at all—appear in the middle to right-hand side, which indicates a faster abrasion as well. A comparison with the stage combinations of  $M_1$  and  $M_3$  observed by Jones (2006) also showed that in Syene  $M_1$  wear was comparably more advanced, indicating a faster abrasion.

If we accept that accelerated tooth wear among sheep from Syene is the main reason for the discrepancy observed between dental and bone epiphyseal ages, then it must be acknowledged that tooth wear depends on several parameters. Besides nutrition, which is of central importance (Healy and Ludwig 1965), an animal's sex and, in males, castration have some influence as well (Behr 1928, Davis 2000). For example, according to Davis (2000), teeth wear more slowly in ewes than in rams or wethers. However, since in Syene's assemblage the discrepancy concerns all sheep independent of their sex, this explanation seems unlikely.

This leaves us with nutrition as the primary cause for the condition observed, necessitating a closer look at how it affects tooth wear. In agricultural and archaeozoological literature, two main factors are considered responsible: ingested soil and hard-plant components like ligneous fibers and phytoliths. Healy and Ludwig (1965) observed that the quantity, rather than quality, of ingested soil was the primary factor influencing incisor wear. Deniz and Payne (1982) noted differences in wear rate between incisors and cheek teeth. More specifically, abrasion in incisors is higher because the main wear occurs during grazing activity, while cheek teeth are mostly used to comminute contents of the rumen, which might already contain a reduced portion of soil. The same authors suggested that phytoliths are the main agent of wear in cheek teeth.

In sheep mandibles excavated at Syene, incisors were missing in almost all cases and only cheek teeth could be recorded. Although Baker et al.



(1959) found phytoliths to be harder than enamel, later studies could not confirm these results. Lucas and others (2014), in contrast, conclude from their measurements that phytoliths are unlikely to wear enamel because of their insufficient hardness. They “propose the hypothesis, that phytoliths, whilst not being the actual agents of wear, are instead deployed to mimic dust and grit during the mastication of plant tissue by animals, causing them to reduce or avoid consumption and therefore providing wear protection by deception.” (Lucas et al. 2014:150). By comparing different ungulate species, Damuth and Janis (2011) found a positive correlation between a grazing diet and the degree of hypsodonty, that is, high-crowned dentition. In addition, they also found higher degrees of hypsodonty in browsing ungulates that browse closer to the ground, compared to those browsing higher. Based on these observations, they conclude that dust and grit, rather than phytoliths, are likely to be the most important agents of tooth wear in ungulates and that they are mostly attached to plants close to the ground, such as grass. Sanson and others (2017) also question the role of phytoliths in tooth wear because they found profoundly different phytolith intakes in African buffalo with no observable differences in tooth wear. Since phytoliths can hardly explain the pronounced abrasion observed in dogs’ teeth at the animal necropolis of Syene, dust and grit remain the most likely agents of significant wear in sheep teeth at this site. The thickness of dung layers in the courtyards associated with the necropolis, as well as the incidence of intra-articular pathologies (Mutze et al. in press; Mutze 2021) indicate that sheep were kept under crowded conditions, probably not only at night. It seems therefore likely that they were fed inside enclosures regularly. Possibly originating from some distance, the provided fodder may have contained dust and soil particles. We will return to this point later.

The unexpectedly high tooth-wear rate in the Syene sheep represents an interesting methodological challenge to work on demographic profiles. Established methods of dental aging either give relative ages (Grant 1975, 1982) or assume a specific value for the rate of tooth wear (Deniz and Payne 1979, 1982; Jones 2006; Payne 1973) to obtain absolute ages. The findings at Syene show that applying Payne’s age estimates method (1973) will produce misleading results because the rate of tooth wear in Syene’s sheep diverges so much from Payne’s source data. The same

is true for age estimates proposed by Jones (2006). Of course, when studying complete skeletons, this can be easily recognized, since epiphyseal fusion can be used for aging as well. However, archaeozoologists usually deal with isolated bone specimens from settlement refuse. In such cases, analysis of dental wear data can only produce reliable results when the tooth wear rate is correctly estimated.

It is therefore essential to develop a method allowing researchers to estimate the rate of tooth wear in mandibular tooth rows from archaeological sheep. The underlying assumption is that due to their successive eruption—a process considered to be genetically determined (Zeder 2006)—the consecutive molars ( $M_1$ – $M_3$ ) will pass through similar wear stages at different moments during the animal’s life. However, the higher the intensity of tooth abrasion, the shorter the duration of each of these wear stages. To determine the rate of abrasion, an approach is needed that interrelates the degree of wear for each molar in a tooth row. To pursue this idea, we compared the intramandibular molar wear observed in sheep from Syene with those from an early twentieth century AD sheep population raised in captivity. To this purpose, we analyzed Karakul sheep skeletons housed at the Julius Kühn Collection in Halle an der Saale, Germany. The Karakul is a fat-tailed breed exploited mainly for lambskins. The breed probably originated in the region of Bukhara in present-day Uzbekistan. The flock in Halle’s “Haustiergarten” was based on eighty-one Karakul sheep, imported from Bukhara between 1903 and 1928 (Frölich and Hornitschek 1954). In fact, some more rams were imported that left progeny in Halle, but these were soon passed on to other institutions. In the “Haustiergarten,” Karakuls were kept in consistent conditions (Frölich 1928) and the dates of birth and death were accurately documented. Considering feeding conditions at Halle, it can be assumed that the Karakul sheep experienced moderate tooth wear. Ages determined according to Payne (1973, 1987) and Jones (2006) match the documented ages of the animals quite well, which confirms this assumption. This population is therefore perfectly suitable as reference material.

## Results and Discussion

First, an attempt was made to examine intramandibular molar wear applying the indices proposed by Ducos (2000) for the first and the third lower molars.

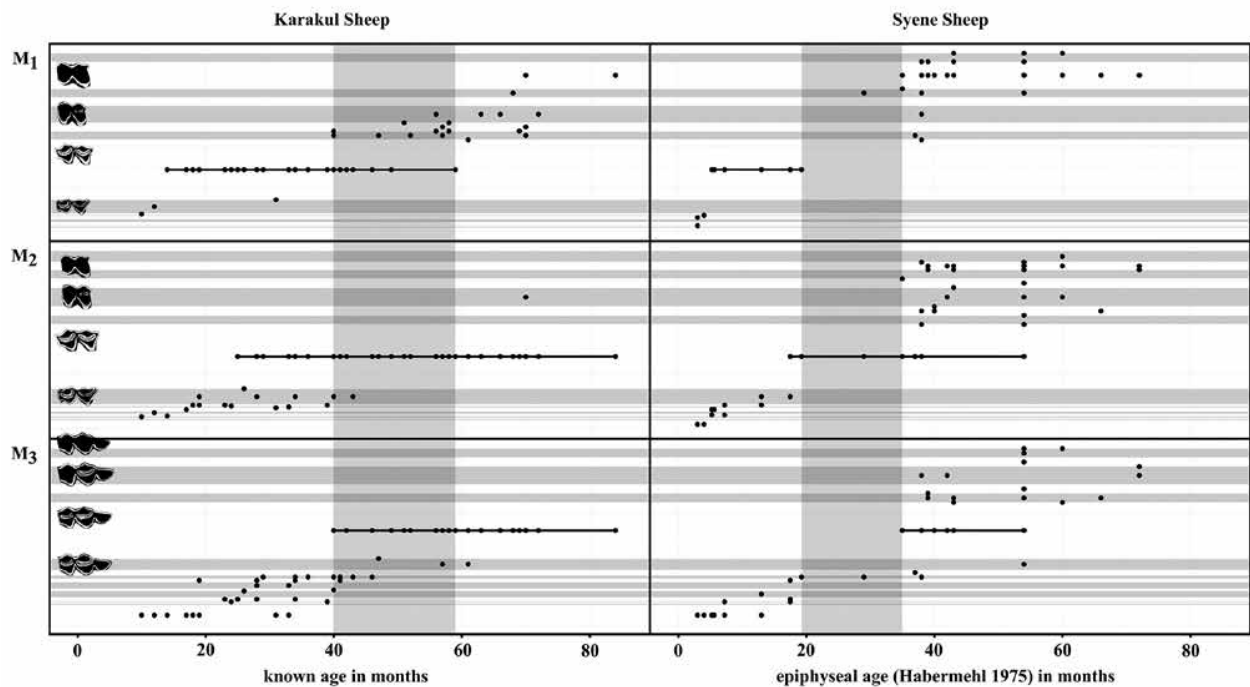


Figure 1.8.3. Wear stages of the three lower molars against age for the Karakul sheep and Syene's sheep.

This approach failed for several reasons. Firstly, the method requires animals old enough to have their  $M_3$  fully formed. It turned out that this is only the case after the tooth has already passed several wear stages (Twiss 2008). Although this is not a problem for Syene's sheep, it becomes a problem when dealing with settlement refuse, since many sheep are slaughtered before reaching this age. Secondly, when the  $M_3$  is measurable, the  $M_1$  is almost worn down, even in populations with slow rates of abrasion. We, therefore, modified our approach by comparing  $M_1$  with  $M_2$  and  $M_2$  with  $M_3$ . Unfortunately, the differences were small even in populations with very different tooth wear rates. Thirdly, another major obstacle when applying Ducos's method is that it requires breaking mandibles to access individual teeth. Complete mandibles are scientifically valuable specimens and their future potential should not be compromised to measure individual teeth.

For these reasons we decided to abandon that approach and shifted to quantifying patterns of intramandibular tooth abrasion with the aid of wear stages published by Payne (1973). In Figure 1.8.3, the horizontal gray and white bars symbolize the consecutive wear stages, whereby broad bars correspond to longer and narrow bars to shorter time in-

tervals. Here, the assumption is made that the tooth structure, and particularly the relative depth of the infundibula within the crown, is similar in all sheep, regardless of breed, sex, or other differences. Since it is determined by the tooth's inner structure, the duration of each wear stage in relation to the others is also considered equal in all sheep. The graphical representation of these relationships in Figure 1.8.3 is based on an extensive study undertaken by Jones (2006). For all molars, the stages with long-lasting wear— $M_1$  and  $M_2$ : 9A;  $M_3$ : 11G (following the Reference Codes proposed by Payne 1987)—are highlighted by a black line. The diagram illustrating molar wear in the Karakul population shows that at an estimated age of 40 to 60 months, the long-lasting wear stages in all three molars temporally overlap—left vertical gray bar. During this phase, the occlusal surfaces of all three molars can exhibit the classic selenodont—crescent-shaped—cusp pattern typical in ruminants. Conversely, in Syene's sheep, such overlapping was absent (Figure 1.8.3). Indeed, by the time  $M_3$  is fully functional with all three lobes in use and completed selenodont cusps in the first two lobes,  $M_1$  had already passed the mature-wear stage 9A. This situation explains the gap between the corresponding wear stages of  $M_1$  and  $M_3$ , indicated



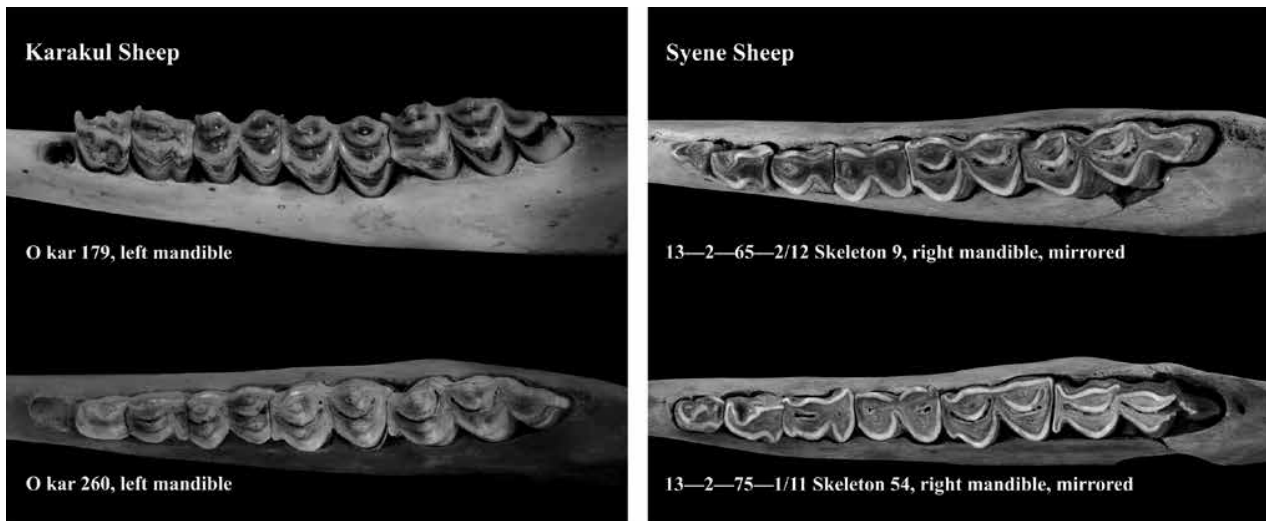


Figure 1.8.4. Example specimens from the Julius Kühn Collection in Halle on the left side and from the animal necropolis of Syene on the right side. The mandibles show the conditions illustrated in Figure 1.8.3—gray bars. (Photographs by U. Mutze.)

by the right vertical gray bar. Figure 1.8.4 presents examples of mandibles from Karakul and Syene's sheep, illustrating the differences in the rate of intra-mandibular molar wear.

Based on these results, we can conclude that by combining wear stages of the three molars, patterns of intramandibular molar wear can be generated allowing us to estimate the rate of molar abrasion. Thus, presence or absence of specific combinations of wear stages in an assemblage of sheep mandibles can be used for estimating the rate of tooth wear. We modeled this for two fictitious populations: one with lower rates of abrasion and one with higher rates of abrasion (Figure 1.8.5), whereby upon an animal's death ( $= d$ ), the lifetime of a lower molar is the sum of the period before eruption ( $= e$ ) plus the time ( $= w$ ) elapsing while passing through the consecutive wear stages until the death of the animal. Although animal's sex as well as castration and nutrition may affect the timing of (pre-)molar eruption, Worley et alia (2016) could not find any significant difference between ewes, rams, and castrates or between high and low levels of nutrition. Hence, it can be reasonably assumed that the timing of tooth eruption in sheep is genetically determined within comparably narrow limits. Most authors propose an age of three months for the eruption of  $M_1$  (Elbers 1926; Habermehl 1975; Jones 2006; for improved breeds, see Silver 1969). For  $M_2$ , eruption dates vary from nine months (Habermehl 1975; Miller and Robert-

son 1959) up to twelve months (Elbers 1926; Silver 1969 for improved breeds; Getty 1975). Jones (2006) recorded that  $M_2$  was erupted in less than half of the 9-months-old sheep and more than half of the 10-months-of-age individuals, which matches well the results of the above-mentioned studies. Eruption of  $M_3$  was found to be more variable. Early eruption occurs at the age of 18 months (Habermehl 1975), but in late maturing breeds eruption may vary between 19 and 30 months (Elbers 1926). Similar times are given by Jones (2006) with  $M_3$  eruption spread from 18 to 27 months. Much later eruption dates are provided by Silver (1969) for sheep defined as "semi-wild hill sheep", but these derive from a source dated from 1790. Because those results have not been confirmed by later studies, these values have been omitted from further consideration. Even though variability of eruption in  $M_3$  is higher than in  $M_1$  and  $M_2$ , passage through the consecutive wear stages is even more variable. Compared with tooth wear, tooth eruption can therefore be considered constant.

Returning to our model, Figure 1.8.5 shows the wear conditions in a population with a lower (a) and one with a higher (b) rate of tooth wear. The timing of tooth eruption is considered the same in the two populations. However, the time intervals corresponding to the consecutive wear stages are shorter in the population with higher wear, and correspondingly the overall duration of the process ( $= w$ ) is shorter. One major premise in the proposed model

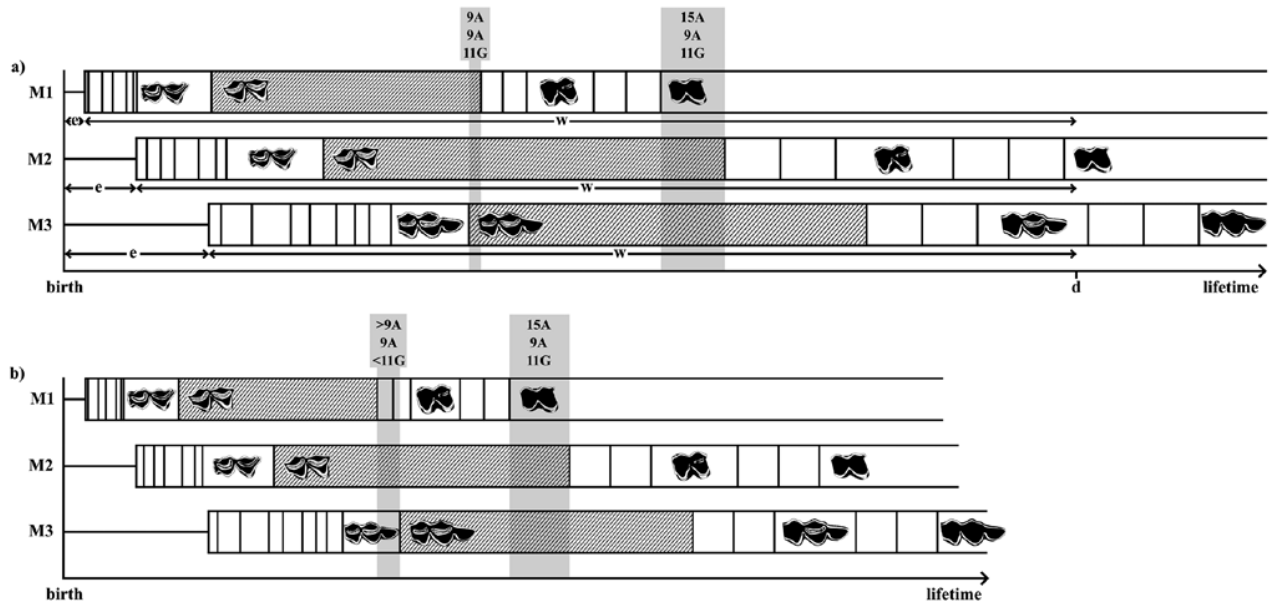


Figure 1.8.5. Model of wear conditions in a fictitious population with lower rates of wear (a) and one with higher rates of wear (b). Eruption times (= e) are the same in the two populations, but the overall lifetime of a molar in a mandible (= w) is significantly shortened in the population with a higher tooth wear rate (b).

is that, independent of the wear rate, the relative duration of each wear stage remained the same compared to either the preceding or succeeding stage(s) (cf. Jones 2006), since the tooth's inner structure primarily determines it. Moreover, we assume that abrasion affects all three molars similarly, implying that if the  $M_1$  wear rate increases by a factor of two, the same is also true for  $M_2$  and  $M_3$ .

Figure 1.8.5 helps to visualize and explain the differences noted between Karakul and Syene sheep (Figure 1.8.3). Any variation in tooth wear will cause wear stages to shift between the three molars. Consequently, certain combinations of wear stages will be characteristic for populations exhibiting low rates of tooth wear, such as combination "9A 9A 11G" in Figure 1.8.5a and in Karakul sheep. Other combinations will be indicative of distinctly more pronounced tooth wear as combination ">9A 9A <11G" in Figure 1.8.5b and in Syene's sheep. Other combinations can be seen in both Figures 1.8.5a and b, which means they reflect fairly wide ranges of tooth wear—like "15A 9A 11G." Thus, if in an archaeological assemblage a sufficient number of observations of comprehensive combinations is available, accommodating all observations in a single pattern can be attempted in order to estimate a population's average tooth wear rate.

In sum, analysis of intramandibular molar wear illustrates that the sheep population of Ptolemaic–Roman Syene was kept in peculiar living conditions. The latter obviously caused significantly higher rates of wear in  $M_1$ – $M_3$  compared to an early twentieth-century AD sheep population kept in Central Europe. This observation limits previous assertions about a general high correlation between estimated and absolute ages made for example by Greenfield and Arnold (2008). Nutrition being particularly relevant in this respect, we refer to Healy and Ludwig (1965), who consider the quantity rather than the quality of ingested soil the most relevant factor. Since we assume that at least a part of the fodder was provisioned (p. 133), it may have been contaminated with sand and dust during its transportation and, once deposited inside the enclosures, contaminated further by trampling or pulling of food. It is, therefore, possible that the unexpectedly high abrasion of cheek teeth is related to the on-site environmental conditions. With the method presented here and currently being developed further, it will be possible to determine tooth wear rate in archaeological sheep mandibles from other sites along the Nile Valley, in order to detect the extent of this phenomenon.

## Conclusions and Prospects

Comparative analysis of dental profiles in early twentieth-century AD Karakul sheep and the sheep mandibles from the animal necropolis at Syene revealed differences in intramandibular molar wear. The intake of sand and dust particles during feeding is the most likely reason for the fast abrasion of dentitions in the latter population.

To develop a model for molar wear in sheep mandibles, the following premises are essential:

- (1) Compared with tooth wear, the eruption times of cheek teeth vary only little and can, therefore, be considered constant.
- (2) Ratios between time intervals assigned to wear stages in a molar depend on the species-specific inner structure of the tooth and are therefore considered constant as well.
- (3) Accelerated or decelerated tooth wear affects all molars of a mandible to the same degree.

The resultant model (Figure 1.8.5) shows that variations in tooth wear cause a shift of wear stages in the three molars. Some combinations, such as those observed in the sample of Karakul sheep, reflect moderate wear, while others are indicative of intense wear, such as in the case of Syene's sheep.

Our goal is to produce a method that allows quantification of tooth wear rate using a computer program. This method will be based on the results and approaches presented here. A preliminary version of the program is currently being tested with different known-age populations. The use of a computer allows the calculation of all ages simultaneously by applying the determined tooth wear rate. Finally, the program will be made available as a script in the free computer language R together with documentation. Using it will not require programming knowledge.

## Acknowledgments

We would like to thank the curator of the Julius Kühn Collection, Dr. Renate Schafberg, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, for enabling us to study the Karakul mandibles. We are particularly grateful to Gillian Jones for the supply of her 2006 study's original data as well as for fruitful discussions and comments on English usage. Many thanks

are owed to the anonymous referee for helpful comments and further literature.

## References Cited

- Baker, G., L. H. P. Jones, and I. D. Wardrop  
1959 Cause of Wear in Sheep's Teeth. *Nature* 184:1583–1584.
- Behr, E.  
1928 Die Abnutzung der Zähne bei den Karakul-Schafen mit besonderer Berücksichtigung der Abnutzungsanomalien und der Altersbestimmung nach dem Zahnwechsel. *Kühn-Archiv* 18:70–114.
- Conze, A., and P. Schazmann  
1911 *Mamurt-Kaleh: Ein Tempel der Göttermutter unweit Pergamon*. Jahrbuch des Deutschen Archäologischen Instituts, Ergänzungsheft 9. De Gruyter, Berlin.
- Damuth, J., and C. M. Janis  
2011 On the Relationship between Hypsodonty and Feeding Ecology in Ungulate Mammals, and Its Utility in Palaeoecology. *Biological Reviews* 86:733–758.
- Davis, S. J. M.  
2000 The Effect of Castration and Age on the Development of the Shetland Sheep Skeleton and a Metric Comparison Between Bones of Males, Females and Castrates. *Journal of Archaeological Science* 27:373–390.
- Deniz, E., and S. Payne  
1979 Eruption and Wear in the Mandibular Dentition of Turkish Angora Goats in Relation to Ageing Sheep/Goat Mandibles from Archaeological Sites. In *Archaeozoology*, Vol. 1, edited by M. Kubasiewicz, pp. 153–163. Agricultural Academy, Szczecin.
- 1982 Eruption and Wear in the Mandibular Dentition as a Guide to Ageing Turkish Angora Goats. In *Ageing and Sexing Animal Bones from Archaeological Sites*, edited by B. Wilson, C. Grigson, and S. Payne, pp. 155–204. BAR British Series Vol. 109. British Archaeological Reports, Oxford.
- Ducos, P.  
2000 A New Approach to the Construction of Age Profiles. *Archaeozoologia* 11:135–144.
- Elbers, E.  
1926 Kann man bei Schafen auf Grund des Gebisses zuverlässige Altersbestimmungen

- machen, und wie verhält es sich bei den einzelnen Schafrassen? PhD dissertation, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle an der Saale, Germany.
- Filce Leek, F.  
1984 Dental Problems During the Old Kingdom: Facts and Legends. In *Evidence Embalmed*, edited by R. David and E. Tapp, pp. 104–131. Manchester University Press, Manchester.
- Frölich, G.  
1928 Die Zucht des Karakulschafes am Tierzuchtinstitut der Universität Halle als Versuchs- und Forschungsobjekt. *Kühn-Archiv* 18:I–XIII.
- Frölich, G., and H. Hornitschek  
1954 *Das Karakulschaf und seine Zucht*. 4th ed. F. C. Mayer, München–Solln.
- Getty, R. (editor)  
1975 *Sisson and Grossman's The Anatomy of the Domestic Animals*. 2 vols. 5th ed. Saunders, Philadelphia.
- Grant, A.  
1975 The Animal Bones. In *Excavations at Portchester Castle: 1. Roman*, edited by B. Cunliffe, pp. 378–408. Reports of the Research Committee of the Society of Antiquaries of London Vol. 32. Society of Antiquaries, London.
- 1978 Variation in Dental Attrition in Mammals and its Relevance to Age Estimation. In *Research Problems in Zooarchaeology*, edited by D. R. Brothwell, K. D. Thomas, and J. Clutton-Brock, pp. 103–106. UCL Institute of Archaeology, London.
- 1982 The Use of Tooth Wear as a Guide to the Age of Domestic Ungulates. In *Ageing and Sexing Animal Bones from Archaeological Sites*, edited by B. Wilson, C. Grigson, and S. Payne, pp. 91–108. BAR British Series Vol. 109. British Archaeological Reports, Oxford.
- Greenfield, H. J., and E. R. Arnold  
2008 Absolute Age and Tooth Eruption and Wear Sequences in Sheep and Goat: Determining Age-at-Death in Zooarchaeology Using a Modern Control Sample. *Journal of Archaeological Science* 35:836–849.
- Habermehl, K.-H.  
1975 *Die Altersbestimmung bei Haus- und Labor-tieren*. 2nd ed. Parey, Berlin.
- Healy, W. B., and T. G. Ludwig  
1965 Wear of Sheep's Teeth: I. The Role of Ingested Soil. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 8:737–752.
- Hepa, M., W. Müller, and U. R. Mutze  
2018 Neuentdeckung in Assuan: Ein ungewöhnlicher Tierfriedhof. *Antike Welt* (2):25–29.
- Jones, G. G.  
2006 Tooth Eruption and Wear Observed in Live Sheep from Butser Hill, the Cotswold Farm Park and Five Farms in the Pentland Hills, UK. In *Recent Advances in Ageing and Sexing Animal Bones: Proceedings of the 9th Conference of the International Council of Archaeozoology*, edited by D. Ruscillo, pp. 155–178. Oxbow Books, Oxford.
- Koch, T., and W. Müller  
2014 Antike Wohnkultur in Syene (Assuan) am Beispiel der Areale 1 und 2. *Archäologie Österreichs* 25(1):39–44.
- Lucas, P. W., A. van Casteren, K. Al-Fadhalah, A. S. Almusallam, A. G. Henry, S. Michael, J. Watzke, D. A. Reed, T. G. H. Diekwisch, D. S. Strait, and A. G. Atkins  
2014 The Role of Dust, Grit and Phytoliths in Tooth Wear. *Annales Zoologici Fennici* 51:143–152.
- Miller, W. C., and E. D. S. Robertson  
1959 *Practical Animal Husbandry*. Oliver and Boyd, Edinburgh.
- Müller, W.  
2014 Syene (Ancient Aswan) in the First Millennium AD. In *Egypt in the First Millennium AD*, edited by E. R. O'Connell, pp. 59–69. British Museum Publications on Egypt and Sudan. Peeters, Leuven.
- Mutze, U. R.  
2021 Die Bestattungen aus dem Tierfriedhof von Syene/Assuan: Eine paläoanatomische Untersuchung. PhD dissertation, Institut für Paläoanatomie, Domestikationsforschung und Geschichte der Tiermedizin, Tierärztliche Fakultät, Ludwig-Maximilians-Universität München, Munich.
- Mutze, U. R., U. Mutze, G. G. Jones, and J. Peters  
2021 Wear of Teeth in Sheep (WoTiS)—A Tool for Determining the Rate of Mandibular Tooth Wear in Sheep. *Journal of Archaeological Science* (in production). Article reference YJASC\_105300.



- Payne, S.  
 1973 Kill-Off Patterns in Sheep and Goats: The Mandibles from Aşvan Kale. *Anatolian Studies* 23:281–303.  
 1987 Reference Codes for Wear States in the Mandibular Cheek Teeth of Sheep and Goats. *Journal of Archaeological Science* 14:609–614.
- Pilgrim, C. von, M. Hepa, W. Müller, and S. Pfeiffer  
 2016 Report on the 16th Season of the Joint Swiss-Egyptian Mission in Syene/Old Aswan (2015/2016). Electronic document, [http://swissinst.ch/downloads/Report\\_16th\\_season\\_2015\\_16.pdf](http://swissinst.ch/downloads/Report_16th_season_2015_16.pdf), accessed June 25, 2018.
- Pilgrim, C. von, M. Marée, and W. Müller  
 2015 Report on the 15th Season of the Joint Swiss-Egyptian Mission in Syene/Old Aswan (2014/2015). Electronic document, [http://swissinst.ch/downloads/Swiss\\_Institute\\_2014\\_2015.pdf](http://swissinst.ch/downloads/Swiss_Institute_2014_2015.pdf), accessed June 25, 2018.
- Pilgrim, C. von, and W. Müller  
 2013 Report on the 13th Season of the Joint Swiss-Egyptian Mission in Syene/Old Aswan (2012/2013). Electronic document, [http://www.swissinst.ch/downloads/SwissInst\\_Report\\_Aswan\\_2013.pdf](http://www.swissinst.ch/downloads/SwissInst_Report_Aswan_2013.pdf), accessed June 25, 2018.  
 2014 Report on the 14th Season of the Joint Swiss-Egyptian Mission in Syene/Old Aswan (2013/2014). Electronic document, [http://swissinst.ch/downloads/Report\\_14th\\_Season\\_2013\\_2014.pdf](http://swissinst.ch/downloads/Report_14th_Season_2013_2014.pdf), accessed June 25, 2018.
- Pilgrim, C. von, W. Müller, and H. Schwaiger  
 2012 Report on the 12th Season of the Joint Swiss-Egyptian Mission in Syene/Old Aswan (2011/2012). Electronic document, [http://www.swissinst.ch/downloads/SwissInst\\_Report\\_Aswan\\_2012.pdf](http://www.swissinst.ch/downloads/SwissInst_Report_Aswan_2012.pdf), accessed June 25, 2018.
- Popkin, P. R. W., P. Baker, F. Worley, S. Payne, and A. Hammon  
 2012 The Sheep Project (1): Determining Skeletal Growth, Timing of Epiphyseal Fusion and Morphometric Variation in Unimproved Shetland Sheep of Known Age, Sex, Castration Status and Nutrition. *Journal of Archaeological Science* 39:1775–1792.
- Sanson, G. D., S. Kerr, and J. Read  
 2017 Dietary Exogenous and Endogenous Abrasives and Tooth Wear in African Buffalo. *Biosurface and Biotribology* 3:211–223.
- Silver, I. A.  
 1969 The Ageing of Domestic Animals. In *Science in Archaeology*, edited by D. Brothwell and E. Higgs, pp. 283–302. Thames & Hudson, London.
- Teichert, M.  
 1975 Osteometrische Untersuchungen zur Berechnung der Widerristhöhe bei Schafen. *Archaeozoological Conference*, edited by A. T. Clason, pp. 51–69. North-Holland, Amsterdam; American Elsevier, New York.
- Twiss, K. C.  
 2008 An Assessment of the Archaeological Applicability of Faunal Ageing Methods Based on Dental Wear. *International Journal of Osteoarchaeology* 18:329–351.
- Worley, F., P. Baker, P. R. W. Popkin, A. Hammon, and S. Payne  
 2016 The Sheep Project (2): The Effects of Plane of Nutrition, Castration and the Timing of First Breeding in Ewes on Dental Eruption and Wear in Unimproved Shetland Sheep. *Journal of Archaeological Science: Reports* 6:862–874.
- Zeder, M. A.  
 2006 Reconciling Rates of Long Bone Fusion and Tooth Eruption and Wear in Sheep (*Ovis*) and Goat (*Capra*). In *Recent Advances in Ageing and Sexing Animal Bones. Proceedings of the 9th Conference of the International Council of Archaeozoology*, edited by D. Ruscillo, pp. 87–118. Oxbow Books, Oxford.



### **3.3. Wear of Teeth in Sheep (WoTiS) - A tool for determining the rate of mandibular tooth wear in sheep**

Artikel im Druck







Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Archaeological Science

journal homepage: <http://www.elsevier.com/locate/jas>

# Wear of Teeth in Sheep (WoTiS) - A tool for determining the rate of mandibular tooth wear in sheep

Ursula R. Mutze<sup>a,\*</sup>, Ulrich Mutze<sup>b</sup>, Gillian G. Jones<sup>c</sup>, Joris Peters<sup>a,d</sup>

<sup>a</sup> Ludwig-Maximilians-Universität München, Tiermedizinische Fakultät, Institut für Paläoanatomie, Domestikationsforschung und Geschichte der Tiermedizin, Kaulbachstraße 37, D-80539, München, Germany

<sup>b</sup> Am Bahndamm 22/1, D-73342, Bad Ditzingen, Germany

<sup>c</sup> 3 Church Farm Garth Shadwell, Leeds, LS17 8HD, UK

<sup>d</sup> SNSB, Staatssammlung für Anthropologie und Paläoanatomie München, Karolinenplatz 2a, D-80333, München, Germany

## ARTICLE INFO

### Keywords:

Sheep  
Tooth wear rate  
Dental ageing  
Mandibles  
Egypt  
Animal necropolis

## ABSTRACT

Demographic profiling of a population of sheep buried in toto in the Ptolemaic-Early Roman animal necropolis at Syene/Aswan (Upper Egypt) revealed significantly higher age estimates based on tooth eruption and wear than those based on epiphyseal fusion. Since located in an arid landscape with occasionally heavy dust loads, one plausible assumption would be that at Syene, dental abrasion may have been exceptionally intense. Until now, however, no approach exists to determine the intrinsic rate of tooth wear in archaeological sheep specimens and its effects on demographic profiles. Using occlusal wear patterns observed in mandibular dental rows of large modern sheep populations of known age, we developed a novel method to determine the rate of tooth wear of sheep and estimate the corresponding age at death of the animals. To facilitate such time-consuming analysis, we then developed an IT-tool termed WoTiS (Wear of Teeth in Sheep) that has been coded in R. The paper outlines the principles underlying our approach and guides the reader through our method by way of examples. Discussion focuses on the application of our approach to sheep populations from Celtic Manching (southern Germany) and Late Dynastic-Mamluk Syene (Upper Egypt). Our results underscore the necessity of evaluating the rate of tooth wear in sheep in order to reach valid statements regarding the species' mode of exploitation in ancient cultures.

## 1. Introduction

In zooarchaeological studies, demographic profiling is essential for understanding human exploitation of livestock species in ancient cultures. Correspondingly, methods for recording and analysing tooth wear have been developed for key farm animals (e.g. Payne 1973, 1987; Grant 1975, 1982), and for estimating age at death there are two large studies, for sheep (Jones 2006) and goats (Deniz and Payne 1979, 1982). While the intensity of tooth wear is known to vary significantly due to different environmental conditions (e.g. Healy and Ludwig 1965; Grant 1978; Twiss 2008; Damuth and Janis 2011; Jones and Sadler 2012a, b), the timing of cheek tooth eruption was found to vary only slightly. Consequently, tooth eruption provides comparatively reliable age estimates for young sheep and goats, while ageing becomes problematic once all permanent teeth have come into wear. The two most frequently applied methods for dental ageing of caprines proposed by Payne (1973) and

Grant (1975, 1982) are based on occlusal wear patterns and use different approaches to address this problem: Grant (1982) avoids proposing absolute ages while Payne (1973) suggests absolute ages for the consecutive wear stages based on Silver (1969) and his own observations. His approach was later refined by using a modern control sample of Turkish Angora Goats (Deniz and Payne 1982). For sheep, a similar study was undertaken by Jones (2006). It broadly confirmed the ages proposed by Payne (1973) but refined the consecutive stages, thereby allowing for more detailed analysis. Greenfield and Arnold (2008) also found a good correlation for a modern control sample of sheep and goats from Manitoba, Canada. Available studies thus indicate a broad applicability of Payne's ageing system and the refined system proposed by Jones (2006). Zeder (2006) examined the correlation between age estimates based on dental wear and epiphyseal fusion in wild sheep and goat specimens from Iran and Iraq. She found a good correlation between both, with dental ages in sheep tending to be a little lower than

\* Corresponding author.

E-mail address: [ursula.mutze@palaeo.vetmed.uni-muenchen.de](mailto:ursula.mutze@palaeo.vetmed.uni-muenchen.de) (U.R. Mutze).

<https://doi.org/10.1016/j.jas.2020.105300>

Received 13 May 2020; Received in revised form 8 November 2020; Accepted 19 November 2020

0305-4403/© 2020 Published by Elsevier Ltd.

epiphyseal ages, especially in females.

We recorded wear stages (after Payne 1987) and epiphyseal fusion data in a sizeable population of sheep buried in toto in the Ptolemaic to Early Roman animal necropolis at Syene (modern Aswan) in Upper Egypt (Mutze et al. in press). In use from the early second century BCE until the late first century CE, excavations not only revealed the presence of numerous sheep ( $n = 246$ ), but also of dogs ( $n = 56$ ), calves ( $n = 13$ ), cats ( $n = 11$ ) and a single goat. All animals had been deposited in shallow pits without prior mummification. In a number of cases, however, the animals' heads or even their entire bodies had been covered with sherds of large ceramic vessels (Hepa et al. 2018; Mutze et al. in press). Massive dung accumulations indicate that the animals were not only buried but also kept inside the necropolis (Hepa et al. 2018). Since we are dealing with complete individuals, the Syene assemblage offered the exceptional opportunity to compare demographic profiles based on dental (Jones 2006) and epiphyseal ages (Habermehl 1975). In doing so, however, we noted that individual ages based on mandibular tooth wear turned out consistently higher than those based on epiphyseal fusion. Our findings, therefore, clearly deviate from those made by Zeder (2006).

Although epiphyseal fusion can be highly variable as well, there are several arguments that tooth wear is responsible for the observed discrepancy, as we noted extreme tooth wear in some of the dog specimens as well. By far the best evidence, however, is offered by visual comparison of sheep mandibles from the Celtic oppidum of Manching (Bavaria, Germany) and Syene (Upper Egypt) (Fig. 1). While in both specimens,  $M_3$  exhibits wear stage 9G (following Payne 1987), in the Celtic mandible wear in  $M_1$  corresponds to stage 9A and its homologue from Syene fits stage 12A. In other words, demographic profiling based solely on  $M_1$  would estimate the age-at-death somewhere between 1.5 and 4 years for the Manching sheep and between 5 and 7 years (following Jones 2006) for its relative buried at Syene. Even more, if recovered isolated during excavation, most analysts would not take into account the possibility that both  $M_1$  and  $M_3$  pertain to one and the same individual. Consequently, in case isolated teeth were used for demographic profiling, one would obtain a higher proportion of old individuals and a higher average age for the population investigated.

That said, the discrepancy between dental and postcranial findings observed in the Ptolemaic-Roman temple sheep clearly shows the necessity of verifying the rate of wear in cheek teeth prior to discussion and interpretation of age profiles. In our case, two main questions seem particularly relevant. Firstly, intense tooth abrasion and associated high frequency of pathological conditions obviously restricted life expectancy of temple sheep at Syene. So what was the age usually reached by these animals provided they did not die for other reasons? Secondly, does the unexpectedly high tooth wear rate at Syene represent a singular case

related to the husbandry conditions in the temple area or are we dealing with a more general phenomenon typical of the region of the First Nile Cataract or even the whole Nile valley?

To provide answers to these questions, an approach is needed that evaluates objectively the rate of tooth wear in mandibles, modern as well as ancient. Based on the concept already presented in Mutze et al. (in press), the present paper explains a method which allows the estimation of the rate of tooth wear in an assemblage of sheep mandibles by comparing individual wear states of the different teeth within a single jaw. By means of this method, assemblages of sheep mandibles can be aged and compared with others regarding tooth wear rates in the absence of age determinable postcranial elements. Teeth evaluated are the mandibular deciduous and permanent 4th premolar ( $dp_4$  and  $P_4$ ) as well as the three molars ( $M_1$ ,  $M_2$ , and  $M_3$ ). The method presented below is available in the form of the program WoTiS (Wear of Teeth in Sheep), which has been coded in the programming language R. Prior to entering into the details of the R script, however, we will explain our methodological approach assuming the user is carrying it out manually, simply because full understanding of the procedure is essential for interpreting the results obtained.

## 2. Materials

Our study considers two modern reference materials. The first consists of 1417 observations of 732 live sheep from UK herds examined by one of the authors (Jones 2006). It includes sheep pertaining to several breeds with known ages of up to seven years. This data set is detailed in the Supplements S5.

A second modern reference material comprises 294 mandibles of 149 Karakul sheep housed at the Julius-Kühn-Collection at Halle an der Saale (Germany) and has been recorded by the first author following Payne (1987; cf. Mutze et al. in press). These fat-tailed animals were kept under steady conditions (Frölich 1928) at Halle's 'Haustiergarten'. Since their birth and death dates have been recorded, we know that some individuals even reached 14 years of age.

Taken together, these modern sheep assemblages will be referred to as **standard population** in the following. Merging the data proved essential since the first population suffered from a lack of older individuals and thus of sheep exhibiting advanced wear of late erupting cheek teeth. Combining the data of both populations ensures a uniform age distribution, thereby avoiding a bias of estimated ages by age mimicry (Millard 2006). For the exact procedure of how the two populations were merged, the reader is referred to Supplement S1.

As an example of a statistically relevant prehistoric population the Iron Age sheep assemblage from the Celtic oppidum of Manching (Bavaria, Germany) was chosen. Studied since the mid-1950s and published by Boessneck et al. in 1971, the site's substantial faunal assemblage is now housed at the 'Staatsammlung für Anthropologie und Paläoanatomie', Munich. In the frame of this study we recorded 1024 sheep mandibles following Payne (1987). This data set is detailed in the Supplements S6. Since it is essential that our sample comprises exclusively sheep, we verified identification and excluded goats based on the criteria published by Payne (1985) and Halstead and Collins (2002). Mandibles lacking clear taxonomic features were omitted as well. This procedure inevitably biased the age distribution of our data set, since taxonomic classification of mandibles of very old caprines is problematic. Correspondingly, the data set in S6 should not be considered entirely representative of the sheep population kept at Celtic Manching. In the present study, the Manching data served to test the function *WoTiSrandomSampling* (see Fig. 8), necessitating sufficiently large populations, as is the case for Celtic Manching.

Turning to Egypt, two populations have been investigated. The first concerns a large number of burials of sacred sheep ( $n = 246$ ) from the Ptolemaic-Early Roman animal necropolis at ancient Syene (modern Aswan) situated on the first Nile Cataract. This assemblage produced 212 sufficiently preserved mandibles from 115 individuals (40 males, 45



Fig. 1. Sheep mandibles from the Celtic oppidum of Manching, southern Germany (a) and the Ptolemaic-Roman animal cemetery at Syene/Aswan, Upper Egypt (b). Both mandibles exhibit wear stage 9G in the last molar ( $M_3$ ), whereas in the first molar ( $M_1$ ) wear stages clearly differ, i.e. 9A (a) vs. 12A (b).

females and 30 of unknown sex) which we recorded following Payne (1987). The data set is detailed in the Supplements S4. Regarding the sheep herded in the wider environs of Syene/Aswan, we relied on an archaeofaunal study published recently (Sigl 2017). From this assemblage a total of 23 sheep mandibles could be re-examined (following Payne 1987). These specimens date to different time periods, mainly to the Late Dynastic and Ptolemaic periods (722–30 BCE) as well as Mamluk times (1252–1517 CE) (see Supplements S7). This assemblage has been compared with the mandibles from the animal necropolis applying the function *WoTiScompare* (see Fig. 9).

### 3. Theoretical considerations: principles underlying WoTiS

#### 3.1. Premises and population terms

As stated in the introduction, we recorded occlusal wear states of individual teeth per mandible. Teeth recorded are the mandibular deciduous and permanent 4th premolar ( $dp_4$  and  $P_4$ ) and all molars ( $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ ).

A first premise underlying our approach is that eruption of cheek teeth is broadly fixed, while tooth wear can be extremely variable, making certain combinations of wear stages possible and others not (for detailed presentation see Mutze et al. in press). Regarding tooth eruption, many factors have been considered influential. For instance, the teeth of rams have been stated to erupt earlier than those of ewes (Simonds 1855; Behr 1928), but this seems to concern primarily the incisors and could not be confirmed for the cheek teeth (Simonds 1855). Similarly, Worley et al. (2016) could not find any significant differences in cheek tooth eruption between ewes, rams and castrates nor between sheep of low and high nutrition. Major discussion also centred around the impact of intensive breeding on the timing of tooth eruption. Indeed, early authors mentioned significantly later times for tooth eruption in both sheep and cattle (Youatt 1834, quoted by Brown 1927; Silver 1969). This is in contrast with modern breeds, wherein teeth were found to erupt much earlier, leading to the conclusion that intensive breeding causes an overall precocity, including tooth eruption. Deniz and Payne (1979) presented a good overview of this discussion and stated that between breeds, slight differences in the timing of tooth eruption exist that do not correlate at all with early or late maturation. They concluded that ‘estimates of age for archaeological specimens based on dental eruption are probably considerably more reliable than has sometimes been supposed.’ This assessment was confirmed by Jones (2006), who found molar eruption to be similar in different breeds, with variation among breeds not much greater than within individual breeds. In her study, eruption in Soay sheep was found mostly similar to that in other breeds, except for a small number of individuals exhibiting slightly delayed eruption (Jones 2006, Figs. 11–13). In sum, cheek teeth eruption can be considered variable within quite narrow limits, which is in marked contrast to the much greater variability of tooth wear.

A second premise concerns the inner structure of sheep teeth, more precisely the relative depth of the infundibula within the crown. Our model assumes that in each type of tooth (i.e.  $P_4$ ,  $M_1$ – $M_3$ ) the infundibula do not vary more than other anatomic features do. Moreover, their extent does not depend significantly either on breed, sex, husbandry conditions or natural variation. Since determined by the inner structure of the teeth, the ratios between the duration of the individual wear stages of a specific type of tooth can be assumed to be identical for all sheep (cf. Mutze et al. in press), a constant quality of fodder presumed.

Summing up, our standard population thus holds two types of information required by our methodological approach: the age at which a specific type of tooth comes into wear (beginning of stage ‘J’), which fits closely the timing of tooth eruption, and secondly, the aforementioned ratios between the durations of the different wear stages for each type of tooth respectively.

In the following, distinct terms for different types of sheep populations will be used that should be defined first. In the context of this study, a sheep **population** is a fictitious or an existing assemblage of sheep (mandibles) related in itself by a (fairly) homogeneous tooth wear rate. This does not necessarily mean that we are dealing with a population in a strict biological sense.

In addition, our approach distinguishes between real populations and ideal populations. The term **real population** refers to present and past populations of sheep, wherein the wear status of the mandibular cheek teeth can be documented. In case of such populations, the rate of tooth wear can be determined, which is the main purpose of the program WoTiS. Tooth wear data recorded from real populations and fed into WoTiS are termed **find populations**. Arguably, determining the tooth wear rate of a population does only make sense if wear has been fairly homogeneous in (most of) its members. This requires that husbandry conditions were broadly constant. Regarding modern populations, written sources can inform about the living and feeding conditions. With archaeological populations, we also assume this to be the case with mandibles recovered from the same spatio-temporal context. If mandibles from different places and/or cultural epochs are pooled to increase sample size, this has to be taken into account when interpreting the results. Although WoTiS has been developed to evaluate archaeological assemblages, obviously any real population including modern sheep can serve as a find population.

In contrast to a real population, an **ideal population** is characterised by the absence of any inter-individual variation regarding the anatomic structure of the teeth and their rates of wear. However, since such a situation never occurs in reality, ideal populations are fictitious, they simply serve as a model for real populations in our approach. The aforementioned **standard population** represents the main model of tooth wear in a sheep population. By definition it exhibits an intensity of wear equal to 1. It is introduced to WoTiS in the form of a ‘phase boundaries file’. It offers for each type of tooth the lower and upper age limits of the consecutive tooth phases (eruption and wear), more precisely the ages marking the beginning and the end of each stage in the standard population. To define these phase boundaries, we used two real sheep populations with known ages, namely a living one studied by Jones (2006) and a historic one composed of Karakul skeletons housed in the Julius-Kühn-Collection (Halle/Saale, Germany). Supplementary file S1 presents the phase boundaries using the code systems proposed by Payne (1987) and Grant (1975), together with a detailed description of how we proceeded to combine these two data sets. In a single sheep individual, as a matter of principle, the upper limit of one stage coincides with the lower limit of the following stage. Since composed of individuals behaving identically, this principle should hold for any ideal population and thus for our standard population as well. When explaining the method below, we will stick to this principle, because it facilitates graphical representation. However, the method also works in the case of overlapping stages, so we tolerate that our phase boundaries file, since derived from real sheep populations, contains some overlaps. These concern the later wear stages in which the upper limit could not be reliably determined due to the restricted life span of the sheep. For a detailed description of how the phase boundaries have been obtained, the reader is referred to Supplements S1.

To conclude, we distinguish between **real populations** of real sheep and **ideal populations**, a model of real populations that ignores any intra-population variability in dental wear and underlying anatomical structures. The **standard population** is meant to be an ideal population, although in our case derived from two real populations. The results of our methodological approach are the more reliable the better the standard population approaches an ideal population. A **find population** is a real population (normally but not necessarily an archaeological one) analysed by our method. Although it is a real population, our methodological approach treats it like an ideal population, necessarily ignoring unpredictable intra-population variability.

### 3.2. Wear intensity $x$

We define  $x$  as the wear intensity (of one tooth, one mandible or a whole population) relative to the standard population. So if  $x = 2$ , teeth wear twice as fast as in the standard population and hence reach specific wear stages in half the time since eruption. This also means that  $x_{\text{standard}} = 1$  by definition. The following sections will describe how a single tooth's age can be written as a function of the wear intensity  $x$ , how to use these functions from multiple teeth in a mandible to produce an overall estimate, and how to use the results of multiple mandibles to estimate the wear intensity  $x$  of an assemblage. Supplement S11 provides the reader with examples and more explanations for better understanding of the equations.

### 3.3. Wear intensity $x$ of one tooth

The wear intensity  $x_{\text{find}}$  of a single find tooth can be expressed by the following equation.

$$x_{\text{find}} = \frac{t_{\text{standard}} - e}{t_{\text{find}} - e} \quad (1)$$

( $t_{\text{find}}$  = age at death of the sheep to which the find tooth belonged,  $t_{\text{standard}}$  = age, at which the wear condition of the find tooth is reached in the standard population,  $e$  = beginning of stage 'J' ('just coming into wear' Ewbank et al. 1964) in the tooth type, e.g.  $M_1$ , of the find tooth).

Solving equation (1) for  $t_{\text{find}}$  leads to:

$$t_{\text{find}} = e + \frac{t_{\text{standard}} - e}{x_{\text{find}}} \quad (2)$$

As an essential transformation, equation (2) is now multiplied by  $x_{\text{find}}$ , thus producing equation (3):

$$t_{\text{find}} \cdot x_{\text{find}} = e \cdot x_{\text{find}} + (t_{\text{standard}} - e) \quad (3)$$

Since this equation turns out to be a linear function of the form  $y = m \cdot x + b$ , it can then be depicted in a Cartesian plane as a straight line with  $e$  being the slope and  $(t_{\text{standard}} - e)$  being the y-intercept, whereby  $x = x_{\text{find}}$  and  $y = t_{\text{find}} \cdot x_{\text{find}}$ . Since wear stages always have a more or less pronounced temporal extent, exact ages ( $t_{\text{find}}$ ,  $t_{\text{standard}}$ ) can only be assigned to borders between two stages. Straight lines produced by equation (3) hence depict borders between wear stages.

### 3.4. Wear intensity $x$ of one mandible

Each border between two wear stages in each tooth type can be depicted in the described way, whereby the slope ( $e$ ) as well as the y-intercept ( $t_{\text{standard}} - e$ ) depend on the standard population only and not on the find population. This procedure is used to estimate the wear

intensity  $x$  of single mandibles. We illustrate this by an example, a mandible exhibiting the stage combination 7 ( $P_4$ ), 9 ( $M_1$ ), 9 ( $M_2$ ), 7 ( $M_3$ ). If we insert in equation (3) the values for  $e$  (beginning of stage 'J') and  $t_{\text{standard}}$  as given by the phase boundaries file, the lower and upper limits of these stages can be defined as follows:

$$P_4 \text{ stage 7, lower limit: } t_{\text{find}} \cdot x_{\text{find}} = 25 \cdot x_{\text{find}} + 10.5$$

$$P_4 \text{ stage 7, upper limit: } t_{\text{find}} \cdot x_{\text{find}} = 25 \cdot x_{\text{find}} + 17.7$$

$$M_1 \text{ stage 9, lower limit: } t_{\text{find}} \cdot x_{\text{find}} = 2.5 \cdot x_{\text{find}} + 18.7$$

$$M_1 \text{ stage 9, upper limit: } t_{\text{find}} \cdot x_{\text{find}} = 2.5 \cdot x_{\text{find}} + 51.5$$

$$M_2 \text{ stage 9, lower limit: } t_{\text{find}} \cdot x_{\text{find}} = 10 \cdot x_{\text{find}} + 30.8$$

$$M_2 \text{ stage 9, upper limit: } t_{\text{find}} \cdot x_{\text{find}} = 10 \cdot x_{\text{find}} + 75.4$$

$$M_3 \text{ stage 7, lower limit: } t_{\text{find}} \cdot x_{\text{find}} = 22 \cdot x_{\text{find}} + 17.8$$

$$M_3 \text{ stage 7, upper limit: } t_{\text{find}} \cdot x_{\text{find}} = 22 \cdot x_{\text{find}} + 23.1$$

The resulting straight lines are depicted in Fig. 2. Since their slope ( $e$ ) equals the beginning of stage 'J' in the respective tooth, the lines representing the stage limits of one tooth always run parallel.

Fig. 3 shows all these stage limits in one Cartesian plane. As can be seen, the wear stages of the four teeth intersect in a rather small area filled grey. This area is the graphical representation of the mandible under consideration. In the following, we will refer to such an area of intersect as **matching area**.

Unfortunately, there are stage combinations observed in existing mandibles that do not produce matching areas since the stages of the single teeth do not intersect. We will refer to such a non-intersecting stage combination as **misfit**. Possible reasons for the occurrence of misfits are:

1. The stage limits given by the standard population are an approximation. In other words, the ratios laying at the origin of the equations may not be identical in all sheep.
2. Slight variations in the timing of tooth eruption may lead to a shift of wear stages different from the standard, particularly if this concerns single teeth, which might occur for example as a result of a temporary disease or malnutrition during tooth formation.
3. The proposed method requires a constant  $x$ -value throughout the entire lifetime of an individual. In mobile grazing systems, however, this may not always be the case considering, e.g., seasonal change of food supply. Moreover, asymmetric chewing due to transient painful masticatory pathologies causing stronger wear at the healthy side must also be considered.

In sum, the occurrence of misfits is a normal phenomenon in any real population and it would therefore be inappropriate to treat them as outliers. Instead, they should be analysed along with the dental stage combinations producing matching areas.

Inspired by the work of Sen (2012), we have come up with the

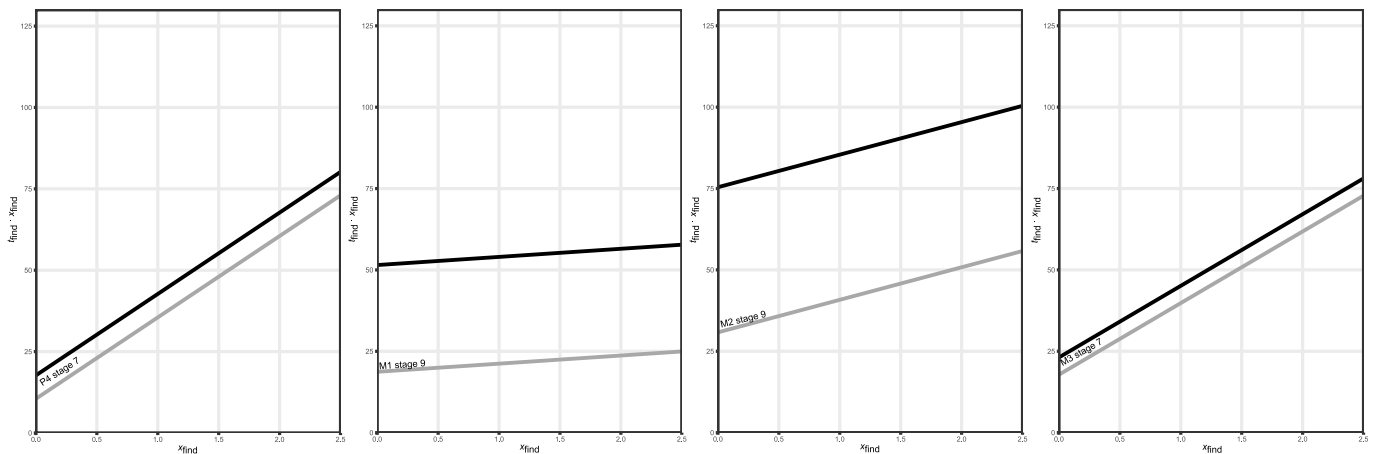


Fig. 2. Lower (grey) and upper (black) limits of the stages 7 ( $P_4$ ), 9 ( $M_1$ ), 9 ( $M_2$ ), 7 ( $M_3$ ).



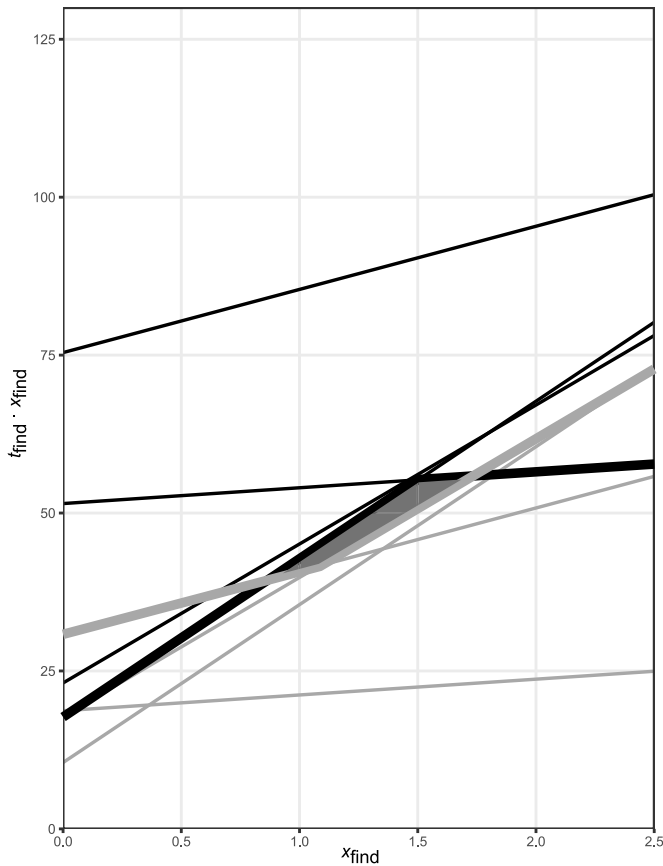


Fig. 3. Lower (grey) and upper (black) limits of the stages 7 ( $P_4$ ), 9 ( $M_1$ ), 9 ( $M_2$ ), 7 ( $M_3$ ). Matching area filled grey. Collective lower and upper limits bold.

approach of collective lower and upper limits. This allows us to analyse misfits and non-misfits by the same procedure, which is particularly elegant for conversion into a computer program. In Fig. 3 all upper limits are black and all lower limits grey. For each  $x$ -value, the collective lower limit (grey, bold) corresponds to the highest of the four lower limits and the collective upper limit (black, bold) is defined by the lowest of the four upper limits.

Illustrating a misfit, Fig. 4 shows the collective lower (grey, bold) and upper (black, bold) limits of a mandible with the stage combination 3 ( $P_4$ ), 9 ( $M_1$ ), 9 ( $M_2$ ), 2 ( $M_3$ ), observed in the assemblage of Celtic Manching. In this case, the collective lower and upper limits do not intersect at all, implying that for every  $x$ -value, the collective lower limit surpasses the collective upper limit. In such cases, we will use the  $x$ -value of smallest distance between the two limits in the  $y$ -direction as best guess (Fig. 4, m).

To conclude, each mandible either produces a matching area with an extent in  $x$ - and  $y$ -direction (= regular case) or a vertical line with an exact  $x$ -value and an extent only in  $y$ -direction (= misfit).

### 3.5. Wear intensity $x$ of a population/an assemblage

In regular cases, the matching area exhibits an extent along the  $x$ -axis encompassing all  $x$ -values possible for this mandible. In our model, which we call an ideal population, a homogeneous tooth wear rate and thus a single  $x$ -value is assumed to hold for all mandibles pertaining to a single population. This population specific  $x$ -value should ideally show up in every matching area. However, due to the fact that the tooth wear rate in a real population is subject to fluctuations, as mentioned above, and due to the occurrence of misfits, this will hardly be the case in practice. Therefore, an  $x$ -value in best possible accordance with all

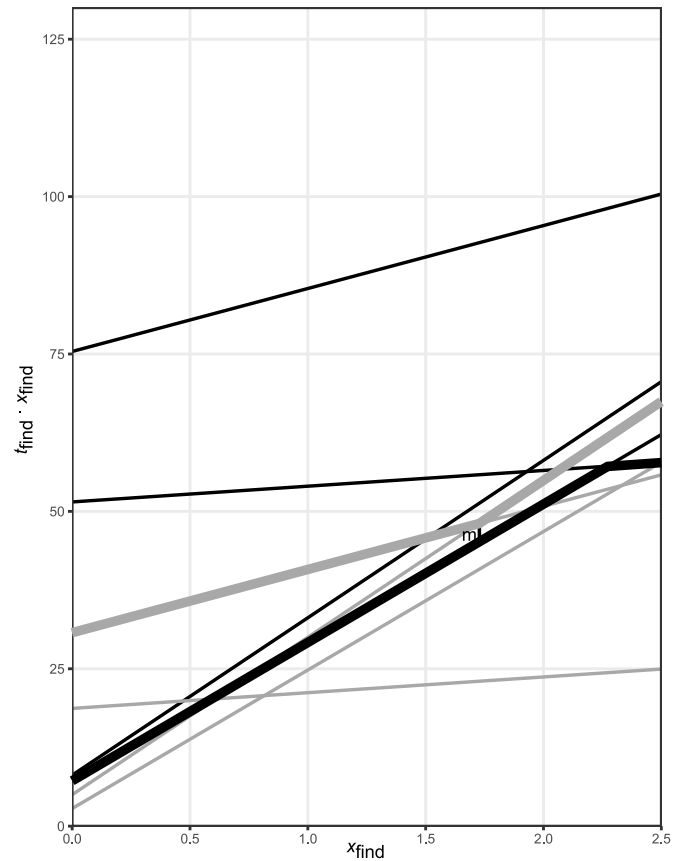


Fig. 4. Lower (grey) and upper (black) limits of the stages 3 ( $P_4$ ), 9 ( $M_1$ ), 9 ( $M_2$ ), 2 ( $M_3$ ). The misfit value (m) is the smallest vertical distance between the collective lower and upper limits (bold).

matching areas and vertical lines of the population must be found or, in other words, an average  $x$ -value characterising that population termed **population $x$** . Due to the fact that the obtained matching areas can be extremely different (some are even infinite to the right on the graphs), describing a mean is not easy. Since the entire method underlying WoTIS was first executed by hand, calculating the mean developed into a multi-stage process, whereby initially a preliminary mean was obtained, which was then adjusted several times leading to the final population $x$ . During the conversion into an R script, however, this procedure was not

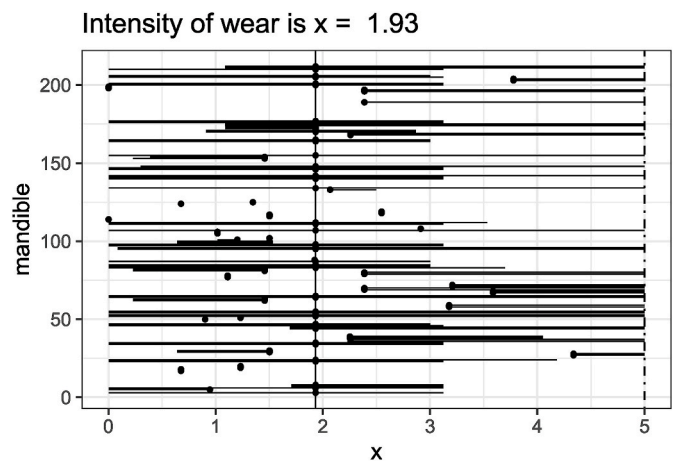


Fig. 5.  $x$ -values (points) of all mandibles of the population 'Syene necropolis' and resulting population $x$  (vertical line).

translated verbatim but reformulated as a non-linear minimization problem with a natural and cheaply computable cost function. Detailing at this point the manual process is therefore superfluous.

Fig. 5 shows the result of this procedure for the population ‘Syene necropolis’. The diagram shows the matching areas of all mandibles in this population, but only their extents in x-direction, because the extent in y-direction does not affect the determination of the populationx. For misfits, only points show up. The y-axis shows the mandibles numbered as in the data set. The vertical line represents the populationx determined by WoTiS. To every regular mandible with a matching area, an individual x-value is assigned (points), that is either identical with the populationx (in this case the latter is included in the matching area) or as close to it as possible (in this case the populationx is not included in the matching area).

One possible usage for the obtained value of populationx is the comparison with other populations in order to detect possible differences in husbandry conditions. Here we remind the reader that x is the intensity of tooth wear relative to our standard population. To compare x-values of two populations it is therefore necessary to calculate both of them based on the same standard population. However, we decided not to implement our standard population in the R script but to pass it to WoTiS as a file (‘phase boundaries file’) allowing the user to work with his/her own standard population. Needless to say, the resulting x-values will not be comparable with those calculated by means of the standard population proposed in this study. To circumvent this problem, another parameter characterizing tooth wear at the population level was defined that is independent of our standard population. This parameter reflects the average duration of stage 9 in  $M_1$  in the find population in months. Termed LSM1 (i.e. long stage M1), it is calculated by WoTiS by the following equation.

$$LSM1 = \frac{\text{duration stage 9 } M_1 \text{ standard}}{\text{populationx}}$$

Where this value is high, it implies slow wear and a stage 9 lasting longer. Conversely, a low value points to significant abrasion and a shorter duration of this wear interval. The obvious question with this approach is why stage 9 in  $M_1$  was chosen? Arguably, long-lasting stages have the advantage that minimal differences in the standard populations caused by so-called data noise will have a less marked effect on the calculated duration compared to that in shorter-lasting stages. Moreover, the choice of  $M_1$  is also advantageous because in most standard populations, few  $M_2$  and  $M_3$  are worn down to the level beyond the long-lasting wear stages, i.e. stage 9 in  $M_2$  and stage 11 in  $M_3$ , rendering it impossible to determine in a reliable way the upper limits of these stages. Finally, the LSM1-value is a reverse measure of the tooth wear rate – the higher LSM1 the slower the rate of tooth wear – and an innate characteristic of the find population. In sum, since LSM1-values of distinct populations can be compared directly without further manipulation, it is a useful parameter to detect differences in nutrition and thus in husbandry-conditions between find populations when studied by different researchers using different standard populations.

### 3.6. Age determination based on the wear intensity x

Once determined, the parameter populationx can be used to estimate the age at death more accurately than with other methods currently available to zooarchaeologists. Considering Figs. 3 and 4, from  $y = t_{\text{find}} \cdot x_{\text{find}}$  follows  $t_{\text{find}} = \frac{y}{x_{\text{find}}}$  with  $t_{\text{find}}$  being the age of the animal. Since matching areas extend both in the x- and y-direction, exact ages cannot be calculated, but only an age range, simply because every combination of wear stages will last for some time before abrasion results in the next one. In theory, the exact age of a sheep is to be found between  $t_{\text{findmin}} = \frac{y_{\text{min}}}{x_{\text{find}}}$  and  $t_{\text{findmax}} = \frac{y_{\text{max}}}{x_{\text{find}}}$ . But which x should be used for estimating the age of an individual mandible? Arguably, a mandible’s assumed individual x-value is most likely to be found in its matching area, as close to the

populationx as possible (see Fig. 5). This explains why at first, we intended to use this individual x-value to calculate the individual age of a mandible. But this proved highly problematic in the case of outliers. The latter are not necessarily misfits, as they can generate matching areas, but in the charts these are located very distantly from the populationx. Correspondingly, age estimates will produce values that make no sense at all when dividing  $y_{\text{min}}$  and  $y_{\text{max}}$  by the individual x-value. In these cases, using the populationx proved much more useful. Provided the individual x-value does not differ significantly from that calculated for the population, the age estimates based on the individual x-value and the populationx will not differ significantly either.

For these reasons we decided to always use the populationx for estimating individual ages, so that all mandibles are treated identically. A big advantage of doing so is, that criteria for the automated detection of outliers are no longer needed. Of course, for very small find populations or even single mandibles or isolated teeth, the populationx may not be reliable. In these cases, the user can (and should) set an x-value or an LSM1-value he considers appropriate for ageing these specimens.

Unfortunately, with outliers not only the x-values but also the y-values proved unreliable, producing erroneous results. Consequently, we decided to use the y-values of the collective upper and lower limits at the populationx as  $y_{\text{min}}$  and  $y_{\text{max}}$ . Again, this approach was not only carried out with outliers but also with the entire population, producing more reliable results as reflected by the lower age errors (see below). In case of misfits however, a vertical line is generated, whose x-value will only serve for the determination of the populationx. For age estimation, as in all mandibles, the y-values of the collective lower and upper limits at the populationx are divided by the populationx to obtain  $t_{\text{min}}$  and  $t_{\text{max}}$ .

Summing up, of each mandible either the individual x-value of the matching area or the vertical line generated in the case of misfits is used to determine the populationx. In turn, this populationx is then used to calculate the age-at-death of each individual mandible. Taken together, the age-at-death values allow demographic profiling of the entire population to be investigated. Having said that, in the case where populationx is not reliable due to small population size, the program WoTiS allows the user to set an x-value or alternatively an LSM1-value manually in order to produce reliable age estimates.

## 4. Results

The following sections show results of different analyses performed applying WoTiS and also contain some information about settings. For more information about the actual usage of WoTiS, the reader is referred to the User Guide (Supplements S8). For every diagram created by WoTiS and presented here, an input file is provided that allows reproduction of these diagrams (Supplements S9).

### 4.1. Analysing a find population with WoTiSmainTask: The sheep buried at the animal necropolis at Syene

There are three functions embedded in WoTiS: **WoTiSmainTask**, **WoTiSrandomSampling**, and **WoTiScompare**. The latter two have been developed for special test cases. We will return to them later. As the name already suggests, **WoTiSmainTask** does what WoTiS has been developed for: to determine the rate of wear and estimate ages in a find population.

The data set for the necropolis contains one row for every mandible, because the wear stages occasionally differed between the left and right mandible. Individuals with only one mandible preserved are therefore underrepresented. Another possibility would have been to take the average of corresponding wear stages of the left and right side, but we decided to avoid any manipulation of the data.

For an archaeological find population, which of course does not contain data about known ages, WoTiS creates two diagrams, the *intensityOfWear-diagram* and the *ageByWearHistogram*.

- (1) The creation of the *intensityOfWear*-diagram (Fig. 5) is controlled by the parameter *createPlotX* (TRUE or FALSE). The diagram shows the matching areas of all mandibles, but only their extents in x-direction, because the extent in y-direction does not affect the determination of the populationx. For misfits, only points are depicted (see above). The y-axis shows the mandibles, numbered according to their position in the data set.

There are gaps within the diagram, i.e. mandibles for which neither matching area nor a point is depicted, because we decided to exclude mandibles above stage 9 in  $M_2$  or 11 in  $M_3$  (criteria adjustable) from the determination of the populationx (setting *p2o* for 'purge too old' = TRUE). This is due to the fact that x-values are more homogenous in younger sheep. In older individuals, even small individual variations carry more weight, simply because they take effect over a long time. This fact leads to greater variation of x-values which can affect the populationx in small populations or in populations with many older individuals. Exclusion of late wear stages is therefore an effective method for minimizing the error rate. In practice, this measure does not have significant disadvantages because settlement refuse in many cases contains a higher proportion of younger individuals. Anyway, WoTiS offers the possibility to disable this setting and use all individuals (*p2o* = FALSE). This might be useful in case of small data sets with only few young individuals. But in these cases, results have to be interpreted very carefully.

The vertical line represents the populationx, which is 1.93. This value is in best possible accordance with all matching areas and has been calculated by a linear optimization procedure embedded in R (see above). Additionally, for every mandible a point is depicted which indicates the individual x-value of this mandible. This value is always within the matching area but as close as possible to the populationx. In this case, the populationx shows that the teeth of the sheep from the animal necropolis at Syene wore nearly twice as fast ( $x_{\text{NecropolisSyene}} = 1.93 \approx 2$ ) as the teeth in our standard population.

- (2) The creation of the *ageByWearHistogram* (Fig. 6) is controlled by the parameter *createAgeByWearHistogram* (TRUE or FALSE). The histogram is an established tool for depicting age estimates, since it facilitates the interpretation of age distributions. As mentioned above, WoTiS does not provide exact ages but age ranges, which complicates the creation of a histogram. WoTiS creates the *ageByWearHistogram* in the following way: Since the y-axis depicts the number of mandibles, every mandible occupies a sum bin height of 1. If the calculated age range of the mandible is small and does not exceed the width of one bin, this bin gets the full height of 1. But if the age range of a mandible spans more than one bin, the height of 1 will be split proportionally upon the involved bins. This approach has first been used by Ratcliffe and McCullagh (1998) in crime analysis, where the exact time of the

crime committed was unknown but a time range was known (e.g. the time range between people leaving their house and coming back, noticing that a burglary has been committed). Ratcliffe and McCullagh (1998) call such crimes 'aoristic crimes', using a Greek-derived word meaning 'indeterminate' (Ashby and Bowers, 2013). The correct term for the number of mandibles shown in the y-axis of the *ageByWearHistogram* is therefore 'aoristic sum' (David Orton, personal communication, 2019). In WoTiS, there are three settings for histograms: the bin width (*binWidth*), the maximum age to be expected in the population (*ageMaxConceivable*), and the maximum age to be depicted in the graphic (*ageMaxGraphics*). Because the geometry of matching areas sometimes results in large age ranges with upper limits significantly higher than physiologically possible, a maximum age (*ageMaxConceivable*) must be set, which corresponds to the maximum life expectancy in the population under study, which we defined in our study as twelve years. For histogram interpretation, however, particularly the very large age ranges must be carefully examined, because they usually introduce a bias in the last bins.

Fig. 6 shows the age distribution calculated by WoTiS for the sheep from the animal necropolis at Syene. The bin width is six months and the maximum age was set to twelve years (= 144 months). For a better interpretation of the age distribution, the bins have been coloured according to sexes. The latter is not a function of WoTiS though, because this tool was designed to evaluate isolated mandibles, which cannot be sexed. But for interpreting the age distribution of the buried sheep, consideration of the sexes is possible since we are dealing with complete skeletons including skulls.

As can be seen from Fig. 6, many sheep died in their first six months. This is hardly surprising, because even today, lamb mortality amounts to 12–20% worldwide (Bostedt and Dedie 1996). Between six and 30 months mortality is moderate in both sexes. However, between 30 and 48 months it is quite high in females (76%) whilst moderate in males (28%). We explain this discrepancy by conditions associated with reproduction. During gestation, delivery, and lactation, ewes are more prone to disease and ultimately death compared to rams or non-breeding females. Against the background that such early deaths are often associated with first lambing, in the fifth year of life mortality drops to a moderate degree. Between five and six years, however, a third peak occurs. It concerns animals of both sexes, but with a bias towards males. According to our observations, many of these older sheep suffered from severe dental problems, conceivably due to extreme tooth wear, eventually causing death. In some of these animals we noted that the vertebral epiphyses had recently fused which happens between four and five years (Habermehl 1975). The next set of bins comprising animals aged six to nine and a half years are of moderate height and correspond to ca. 33% of the population. The bins between 9.5 and 12 years are exactly of the same height. This suggests that we are dealing with large age ranges (see above) that must be considered artefacts. From the foregoing we conclude that there are three peaks in the age distribution of sheep from the animal necropolis at Syene, corresponding respectively to lamb mortality (0–6 months), breeding ewes (2.5–4 years) and sheep exhibiting severe dental problems (5–6 years).

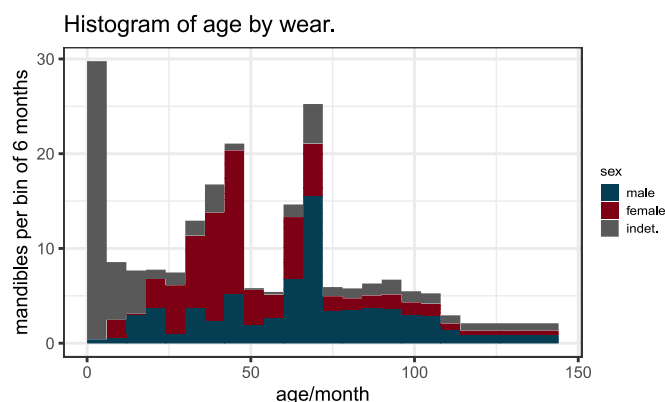


Fig. 6. Age by wear histogram of the sheep from the animal necropolis at Syene.

In addition to the diagrams, WoTiS creates two files: *results.rds* (for opening the rds-file see User Guide) and *logFile.txt*.

The *results.rds* file is a table with one row for each mandible, which contains the following parameters calculated by WoTiS:

*xL* and *xU* (unit 1): Lowest (L) and highest (U for upper) x-value within the matching area of the mandible.

*ageL* and *ageU* (unit months): Lowest (L) and highest (U for upper) age in months calculated for this mandible.

*misfit* (unit months): In case of misfits, this value gives the height of the smallest vertical distance between the collective lower and upper

limit, i.e. the height of the vertical line created in misfits (see Fig. 4). Since it is a section of the y-axis, it has the unit months. But note that  $y = t - x$ , so it is not a direct age difference. As explained earlier, if tooth eruption and wear are completely regular (regardless of the rate of tooth wear), misfits will not occur, hence the misfit value will be 0. The bigger the irregularity of a mandible, the bigger the distance between upper and lower limit, i.e. the bigger the misfit-value.

**xDev** (unit 1): The x-deviation is the smallest distance between the populationx and the x-range of the mandible. In the case where the populationx is included in the mandibles x-range, xDev is 0. Positive values indicate deviations to the right and negative values to the left.

The *logFile.txt* contains all settings of the current run and the following calculated population parameters. The values for the necropolis are given in Table 1.

**populationx** (unit 1) see above

**LSM1-value** (unit months) see above

**Mean misfit and Median misfit:** The arithmetic mean and the median of all misfit values. These values are measures for the ‘irregularity’ of eruption and wear in the population (see *misfit*). Please note that the eruption times and stage ratios given by the standard population define what is considered ‘regular’ in this regard. So if many misfits do occur in a find population, i.e. if the mean and median misfits are high, it is possible that the standard population is not appropriate for evaluating this find population. One could then try to accommodate the standard population (by trial and error) to get lower *misfit* values. If there is a system behind the misfits, this will work and will reveal special characteristics of the find population, e.g. late eruption times. If it is not possible to lower the *misfit* values, a possible explanation could be high frequencies of old individuals or dental pathologies (or both).

**Standard deviation of misfit**

**Mean xDev, Median xDev and Standard deviation of xDev:** Arithmetic mean, median and standard deviation of the x-deviation. Since the x-deviation can be positive and negative and the populationx is meant to be in best accordance with all x-values of the population, the mean and

median x-deviation should not be far from 0.

**Mean unsigned xDev, Median unsigned xDev and Standard deviation of unsigned xDev:** The unsigned x-deviation is the absolute value of the x-deviation. It is always positive and the smaller the mean and the median, the more homogenous the tooth wear rate in the population.

#### 4.2. Analysing a known-age population with WoTiSmainTask: the Jones population

To decide whether or not WoTiS produces reliable results, we tested it with several known-age populations. As an example, we present here the sheep population studied by Jones (2006) consisting of 1417 observations of 732 live sheep of known age. Besides the *ageByWearHistogram* and the *intensityOfWear-diagram*, for known-age populations WoTiS is able to create some more diagrams:

The *TrueAgeHistogram* gives the real age distribution in the population and its creation is controlled by the parameter *createTrueAgeHistogram* (TRUE or FALSE).

If TRUE, the parameter *createPlotComparison* enables two plots:

The *combinedAgeHistogram* shows both the real (green) and the calculated (grey) age distribution. Fig. 7a shows the *combinedAgeHistogram* for the Jones population. The bin width was set to 3 months, which is quite narrow. Therefore, both age distributions differ substantially in some bins but as a whole, they resemble quite closely. The maximum age was set to 100 months and the last bins of the calculated distribution are all of the same height, indicating that they are artefacts, caused by large age ranges (see above). The real age distribution shows that this assessment is correct.

The *ageDifferencesHistogram* (Fig. 7b) uses the same bin width as the age histograms and depicts the unsigned age Errors (see below). Fig. 7b shows that most of the ages could be estimated with an error less than 3 months.

Besides the parameters calculated for find populations, for known-age populations, the *results.rds*-file gives some more parameters concerning the quality of age determination:

The *ageError* (unit months) is the minimum difference between the calculated age range and the true age. It is a negative value if the true age is bigger than the calculated age range, i.e., if the age is underestimated. For overestimated ages it is a positive value. If the true age is within the calculated age range, the age error is 0.

The *relAgeError* (relative age error, unit %) is the age error as a percentage of the true age of the animal. This parameter is of more general validity, because age errors naturally tend to be bigger in older individuals. An age error of 6 months is acceptable in an 8 years old animal but not acceptable in a 6 months old individual. Therefore, the relative age error is a better indicator of the quality of age determination. As with the age Error, the relative age error can be negative or positive.

As in find populations, the *logFile.txt* gives the settings and the population parameters. In addition to the parameters given for find populations, for known-age populations the age error parameters are given as well:

**Mean ageError, Median ageError and Standard deviation of ageError:** Arithmetic mean, median and standard deviation of age error. If the tooth wear rate of the population has been correctly determined, the mean and median should be not far from 0 since positive and negative values should be balanced.

**Mean unsigned ageError, Median unsigned ageError and Standard deviation of ageError:** The unsigned age error is the absolute value of the age error, i.e. it is always positive. Therefore, the mean always differs from 0.

**Mean relative ageError, Median relative ageError and Standard deviation of relative ageError:** Arithmetic mean, median and standard deviation of the relative age error.

**Mean relative unsigned ageError, Median relative unsigned ageError, Standard deviation of relative unsigned ageError:** The relative unsigned age error is the absolute value of the relative age error.

**Table 1**  
Parameters of the different populations.

population		Syene necropolis	Syene settlement	Jones (2006)	Manching
populationx		1.93	1.36	1.08	1.26
LSM1 in months		17.0	24.1	30.4	26.0
misfit in months	mean	0.865	0.151	0.446	1.03
	median	0	0	0	0
	Std	3.28	0.501	1.49	2.09
	Dev				
x Deviation	mean	-0.18	0.0332	-0.000472	-0.0211
	median	0	0	0	0
	Std	1.22	0.346	0.258	0.458
	Dev				
unsigned x Deviation	mean	0.525	0.222	0.115	0.249
	median	0	0.0441	0	0.0828
	Std	1.11	0.263	0.231	0.385
	Dev				
age Error in months	mean			-0.537	
	median			0	
	Std			4.46	
	Dev				
unsigned age Error in months	mean			2.01	
	median			0.42	
	Std			4.02	
	Dev				
relative age Error in %	mean			-2.02	
	median			0	
	Std			12.9	
	Dev				
unsigned relative age Error in %	mean			7.74	
	median			3.05	
	Std			10.5	
	Dev				



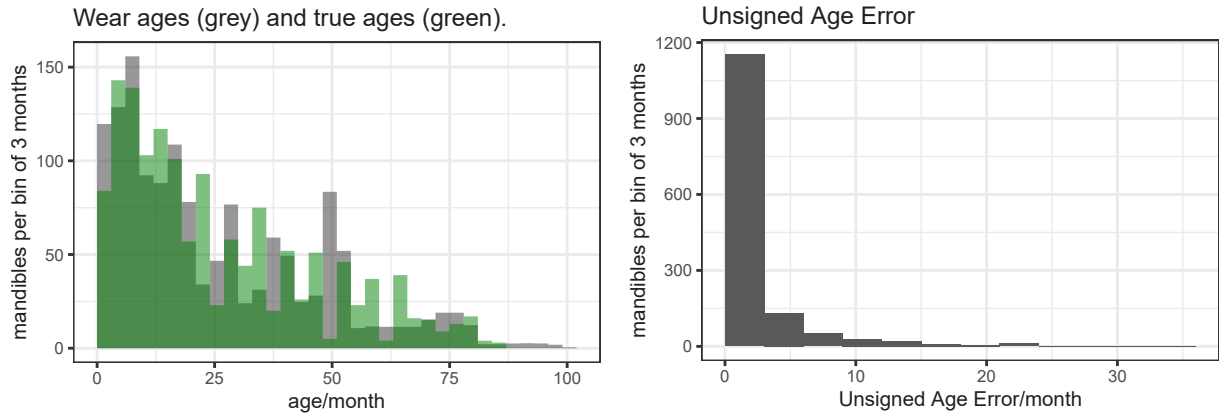


Fig. 7. CombinedAgeHistogram and ageDifferencesHistogram for the population investigated by Jones (2006).

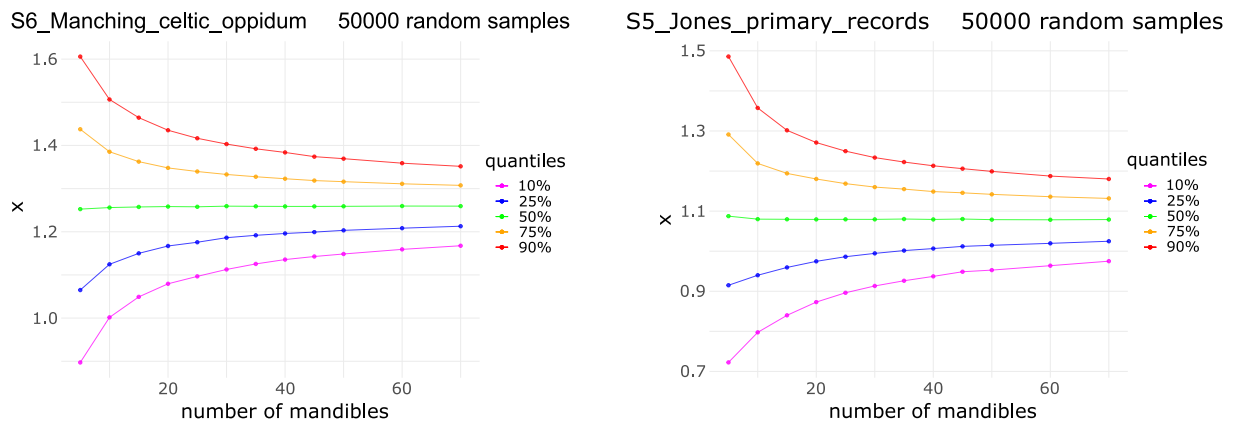


Fig. 8. Scattering of x-values based on random sampling of 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, and 70 mandibles (50,000 runs) from Celtic Manching (a) and modern UK (b).

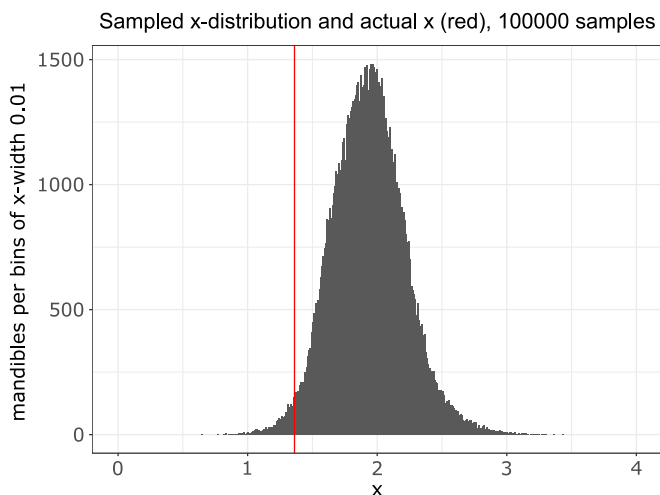


Fig. 9. Results of the comparison between the sheep populations *Syene*<sub>necropolis</sub> and *Syene*<sub>settlement</sub> by means of WoTiScompare.

The population parameters for the Jones population are given in Table 1.

#### 4.3. WoTiSrandomSampling: Scattering of x-values in relation to sample size

Since WoTiS is meant to be used for analysing archaeological specimens, sample size is a central issue. Faunal assemblages from residential areas usually do not contain large numbers of sheep mandibles.

Needless to say, the values of populationx calculated by WoTiS are more reliable the larger the population size. Therefore, the interpretation of results requires a correct assessment of their reliability, i.e., how much scattering of x-values should be considered normal for a certain sample size.

To answer this question, another function was embedded into WoTiS: *WoTiSrandomSampling*, which performs numerous runs of *WoTiSmainTask* using random samples of certain sizes out of the find file under consideration. Any run of *WoTiSrandomSampling* is controlled by three additional parameters: *nS*, which is the number of runs per sample size, *nL*, which is a vector giving the different sample sizes and *seed*. Any integer value for *seed* different from 0 makes the random selections reproducible when we rerun the program with all parameters unchanged, including *seed*. Fig. 8 shows the results for two different populations. The first is an assemblage of 1024 sheep mandibles from the Celtic oppidum of Manching (Germany, see above). The second is the population studied by Jones (2006), consisting of 1417 observations of 732 live sheep. For both populations, sample sizes of 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, and 70 mandibles have been analysed. For each sample size, 50,000 runs were performed, each providing an x-value. The diagrams give the 10%, 25%, 50%, 75% and 90% quantiles of the calculated x-values. Using *WoTiSrandomSampling* only makes sense with big data sets. The data set has to be much greater than the samples drawn from it to avoid analysing the same mandibles many times. With more than 1000 mandibles each, the two data sets exploited here are both large enough and comparable in size. Interestingly, the two scattergrams of x-values resemble each other quite closely (Fig. 8), suggesting that this may be a regular pattern in large find populations. Essential for the interpretation of these plots is that they were generated with the setting *p2o* = TRUE (for 'purge too old'). This means that

mandibles exhibiting too advanced wear for reliable  $x$ -determination (see section 4.1) had been excluded from the data set prior to random sampling. In the graphs, the number of mandibles in the  $x$ -axis is the effective sample size actually used for calculating  $x$ . To estimate the reliability of  $x$  in a find assemblage, its effective sample size has to be compared with Fig. 8. When analysing the find file with  $p2o = \text{TRUE}$ , the effective sample size is given by the *logFile.txt* in the sentence: *Determination of x was done by analysing the wear stages of xxx out of yyy mandibles.* *WoTiSrandomSampling* also creates a histogram for each sample size, showing the distribution of obtained  $x$ -values.

#### 4.4. Comparing two populations with *WoTiScompare*: sheep mandibles from the necropolis and from the settlement at Syene

To answer the question, if the unexpectedly high tooth wear rate of the sheep buried at the animal necropolis at Syene was a local phenomenon due to the husbandry conditions at the site or if it should be assumed for larger stretches of the Nile Valley, it was necessary to compare this assemblage with another one from the same region. Since the faunal remains from the settlement of Syene, studied by Johanna Sigl for her dissertation (Sigl 2017), were available, we decided to reexamine the sheep mandibles (since she used a different code system). These mandibles have been excavated from sites within the modern town of Aswan and date to different times with focus on the Late and Ptolemaic period and the Mamluk time. Even though mandibles of all time periods were pooled, the sample size was very small (23 mandibles, 1 too old, thus 22 mandibles). The result was as follows:

$$x_{\text{necropolis}} = 1.93$$

$$LSM1_{\text{necropolis}} = 17.0$$

$$x_{\text{settlement}} = 1.36$$

$$LSM1_{\text{settlement}} = 24.1$$

There seems to be a marked difference between the two data sets, indicating that tooth wear in the necropolis was much more pronounced than in the settlement of Syene. But this result is inconclusive because of the small sample size of settlement mandibles. The presented results of *WoTiSrandomSampling* (Fig. 8) show how much scattering of  $x$  is to be expected for the different sample sizes. Since the two populations from Syene differ significantly in size (with  $p2o = \text{TRUE}$ :  $n_{\text{necropolis}} = 112$ ,  $n_{\text{settlement}} = 22$ ), it is for the moment difficult to decide whether the difference between the two  $x$ -values is beyond coincidence.

Since zooarchaeologists are often dealing with very small samples, we developed the function *WoTiScompare* that addresses the problem of comparing two populations of different size. *WoTiScompare* has been designed to test the following null hypothesis:

With regard to population $x$ , the smaller assemblage ( $Syene_{\text{settlement}}$ ) could be a subset of the larger assemblage ( $Syene_{\text{necropolis}}$ ).

To test this hypothesis, *WoTiScompare* determines the values of population $x$  of many randomly selected subsets of the larger assemblage, whereby the size of each subset equals the size of the smaller assemblage. The population $x$  values obtained are shown in a histogram (Fig. 9), wherein the population $x$  of the smaller assemblage shows up as a red vertical line. *WoTiScompare* furthermore compares the  $x$ -value of the smaller assemblage with all the  $x$ -values obtained from the subsets of the larger assemblage and calculates the ratio of  $x$ -values below or above the  $x$ -value expressed by the red line. In our case, the  $Syene_{\text{settlement}}$  population consists of 23 mandibles, while the  $Syene_{\text{necropolis}}$  population contains 212 mandibles. With the setting  $p2o = \text{TRUE}$ , 22 mandibles can be retained from the settlement and 112 from the necropolis whose teeth allow for reliable  $x$ -determination. If  $nS = 100,000$ , *WoTiScompare* will randomly select 100,000 subsets of 22 mandibles out of the 112 mandibles from  $Syene_{\text{necropolis}}$ . The parameter *seed* can be used again to render the random selections reproducible. Fig. 9 shows the distribution

of  $x$ -values obtained for the 100,000 samples (*seed*  $\leftarrow$  1, *xBinwidth*  $\leftarrow$  0.01). Logically, the peak of the histogram corresponds to the population $x$  of  $Syene_{\text{necropolis}}$ , i.e. 1.93. The population $x$  of  $Syene_{\text{settlement}}$  (1.36) is indicated by the vertical red line. Out of the 100,000 samples of 22 mandibles, only 2005 yielded  $x$ -values equal or below 1.36, implying that the probability of the 22 sheep mandibles from  $Syene_{\text{settlement}}$  representing a subset of the  $Syene_{\text{necropolis}}$  sheep population is only 2.005%. The *logfile* produced by *WoTiScompare* gives this value as  $p = 0.02005$ . Since  $p < 0.05$ , the null hypothesis should be rejected (Field et al. 2012). It follows that the difference between the two populations is significant. This is strongly indicative of the existence of distinct husbandry conditions of  $Syene_{\text{necropolis}}$  sheep, resulting in a significantly higher tooth wear rate.

## 5. Discussion and conclusion

### 5.1. *WoTiSmainTask* and the relevance of differing wear intensities

*WoTiSmainTask* determines the wear intensity  $x$  of a find population and provides age estimation based on  $x$ . In the case of known age populations it also compares estimated and known ages.

The comparison of estimated and known ages of the sheep population studied by Jones (2006) (Fig. 7) shows a convincing agreement. However, it must be admitted that comparison with this population holds two dangers:

- (1) It is part of the standard population. Millard (2006) has outlined that the age distribution of the standard population can bias age estimation, a phenomenon called ‘age mimicry’.
- (2) The population studied by Jones (2006) is very large and  $x$  can therefore be determined much more accurately than should be expected in most archaeological find populations.

Regarding age mimicry, we have made efforts to balance the age distribution of the standard population by involving a second population. Additionally, the standard population plays a different role in our approach than outlined by Millard (2006). Nevertheless, the quality of age determination by *WoTiSmainTask* should be tested with more known age populations, ideally exhibiting wear intensities different from 1.

Another major question focuses on the statistical significance and practical relevance of the calculated differences in the wear intensity  $x$ . To test whether the differences between our four populations are statistically significant, Welch’s  $t$ -test has been performed. It is a two-sample test used to test the hypothesis that two populations represented by two samples have equal means, where sample size and variances may be different. This is essential since in our case, sample size is extremely different and variances should be assumed to differ as well, since they depend on the uniformity of feeding and overall husbandry practices within the population. Since find populations are not necessarily populations in a biological sense and ancient husbandry conditions are usually unknown, variances of find populations will hardly be equal. The parameters used by Welch’s  $t$ -test are the mean (= population $x$ ), the sample size (= sample size after  $p2o$ ), and the standard deviation (= standard deviation of  $xDev$ ). The respective  $p$ -values are given by Table 2.

Statistically speaking, the difference between the Celtic population of Manching and the sheep from Syene settlement turned out not to be significant ( $p = 0.096 > 0.05$ ). This can be explained by their similarity of population $x$  (1.26 vs. 1.36) and the very small sample size of the Syene population (= 22). However, all other combinations of populations yielded significant differences. But what is the practical relevance of these differences?

When using an inappropriate  $x$ -value for age determination, differences between calculated and real ages depend on the tooth under consideration, with differences between early and late erupting teeth

**Table 2**  
p-values calculated via Welch's *t*-test.

	Syene necropolis	Syene settlement	Jones (2006)	Manching
Syene necropolis		2.876 E-05	1.392 E-11	3.088 E-08
Syene settlement	2.876 E-05		5.061 E-04	9.564 E-02
Jones (2006)	1.392 E-11	5.061 E-04		0
Manching	3.088 E-08	9.564 E-02	0	

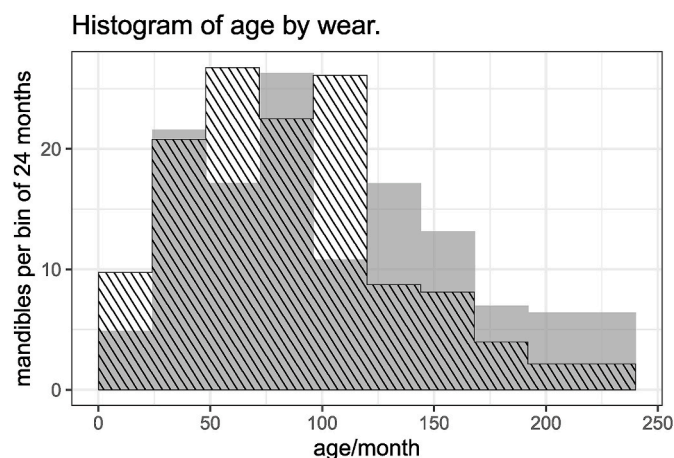
increasing with rising population $x$ . Consequently, in cases when population $x$  is high, demographic profiles based essentially on isolated  $M_1$  and  $M_2$  will produce age-at-death histograms that are skewed more or less heavily to the right. Conclusions drawn from such profiles regarding sheep management as well as the animals' life expectancy are misleading and thus unsuitable to address the species' mode of exploitation in ancient times. Fig. 10 illustrates this by comparing age distributions based on  $M_1/M_2$  (grey) and  $P_4/M_3$  (hatched) for the sheep buried at the animal necropolis of Syene. The ages have been calculated on the basis of  $x_{\text{Jones}}$  ( $=1.08$ ) and the discrepancy between the two distributions could be interpreted as showing that this  $x$ -value is inadequate for this population. However, it turns out that the discrepancy is not significantly reduced by using  $x = 1.93$  (Table 1). Discussion of this discrepancy has to take into account that Fig. 10 refers to a selection of specimens (131 out of 212).

The foregoing shows the importance of considering wear intensity when reconstructing age profiles of ancient populations. *WoTiSmainTask* offers the possibility to do this in a transparent way. Of course, the accuracy of the results achieved with *WoTiS* stands and falls with the quality of the standard population. Therefore we invite the users to question the phase boundaries provided by our standard population and to try out alternatives. With corresponding standard populations *WoTiS* could also be applied to other hypsodont taxa, e.g., *Capra* or *Bos*.

## 5.2. *WoTiSrandomSampling* and the impact of sample size

As always in archaeology and archaeozoology, sample size is a key issue. Or better said, since the sample size cannot be selected freely, the question of crucial importance is the extent to which the sample size affects the reliability of the results.

The function *WoTiSrandomSampling* has been developed to address this question. It performs numerous runs of *WoTiSmainTask* using random subsamples of certain sizes out of a find file and examines the distribution of  $x$ -values obtained for these subsamples. To obtain smooth curves, an extremely large number of subsamples must be examined,



**Fig. 10.** Age distributions of the population Syene<sub>necropolis</sub> calculated from  $M_1/M_2$  (grey) and  $P_4/M_3$  (hatched), based on  $x_{\text{Jones}}$  ( $=1.08$ ). Only specimens with information for all four teeth.

which takes a lot of time. The graphics shown in Fig. 8 have been calculated by *WoTiS* in about 30 days each, with the speed naturally depending on the available hardware. Accordingly, this function is not intended to be performed routinely by every user.

However, once created, the graphics of the Jones- and Manching populations (Fig. 8) show a very similar pattern of the relationship between sample size and the scattering of  $x$ -values. In both, differences of obtained  $x$ -values are extreme if only five mandibles are considered, but the curve quickly flattens out. It should be noted, however, that even with very large samples, a certain amount of variation in  $x$ -values can still be expected.

In this respect, the question of the perfect sample size cannot be answered. The larger the sample, the more reliable the  $x$ -value. The transitions are smooth. However, it can be seen that the curve becomes quite flat from a sample size of 25 mandibles compared to its previous course, which indicates that for this sample size the  $x$ -value can already be narrowed down quite well. The interpretation of the results obtained with *WoTiS* should always be done carefully and with consideration of the possible variation of  $x$ -values.

For the question of the statistical significance of a difference between  $x$ -values of two populations, sample size is also an important parameter. It can be taken into account via Welch's *t*-test (see section 5.1). For comparing two populations of very different size, the function *WoTiScompare* has been developed (see below).

## 5.3. *WoTiScompare* and implications regarding husbandry conditions of sheep at the animal necropolis of Syene

*WoTiScompare* compares two populations of different size by determining the values of population $x$  of many randomly selected subsets of the larger assemblage, whereby the size of each subset equals the size of the smaller assemblage. If the number of runs is large enough to get a smooth curve, this offers a good assessment of the probability of the difference in wear intensity being coincidental.

The comparison between the sheep mandibles from the necropolis and from the settlement at Syene (Fig. 9) reveals a very low probability of coincidence (2.005%), confirming statistical significance of the difference. We consider this a useful tool in addition to established statistical tests (like Welch's *t*-test, see above), since it accounts for sample size in a straightforward way.

In the present case, the result confirms the assumption that the tooth wear rate observed in the necropolis sheep was extreme not only in comparison with Central European reference populations, but also with sheep mandibles from contexts that are comparable in space and time, which suggests that the former were exposed to special husbandry conditions.

Massive dung accumulations in the courtyards of the animal necropolis at Syene indicate that the animals have not only been buried there, but also lived there in enclosures, surrounded by walls (Hepa et al. 2018; Mutze et al. in press). The high wear intensity suggests that they were not able to search for food, but had to eat what was put at their disposal. This fodder probably was contaminated with dust and grit during transportation or inside the enclosures by trampling and pulling it over the ground (Mutze et al. in press). In view of their specific situation, the extreme tooth wear rate observed in this sheep population seems therefore hardly representative for sheep herds allowed to pasture

freely in the Nile valley and adjacent areas. Because of the small sample size of the settlement population, additional sheep mandibles from this and other Egyptian sites should be examined to consolidate this result.

Regarding the age distribution of the sheep at the necropolis (Fig. 6), we clearly see three peaks corresponding to the groups with the greatest health risks, namely lambs (0–6 months), breeding ewes (2.5–4 years) and older sheep with extremely worn teeth (5–6 years). Together with the fact that no traces of killing were found on any of the skeletons, we can conclude, that we are dealing with perished animals instead of human controlled kill-off.

### Declaration of competing interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

### Acknowledgements

We are indebted to Renate Schafberg, curator of the Julius-Kühn-Collection, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg for access to the Karakul skeletons and to Johanna Sigl for access and help with the sheep mandibles from the settlement of Syene and for fruitful discussion. David Orton kindly commented on an earlier version of the manuscript. We are grateful to Cornelius von Pilgrim, Wolfgang Müller, Mariola Hepa, and Lea Kreuzburg for the efficient and enjoyable cooperation on the animal necropolis at Syene. Funding was provided by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) in the frame of the project “Die Tempelherde und ihr Bestattungsort im ptolemäisch-römischen Syene aus archäozoologischer, archäologischer und religionshistorischer Perspektive” (DFG project: 392758722), which is very much appreciated. Travel to and accommodation in Elephantine, Aswan were kindly funded by the Ludwig Borchardt-Stiftung, Schaffhausen, Switzerland.

### Appendix A. Supplementary data

Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/HZCKS>.

### Credit author statement

Ursula R. Mutze: Conceptualization, Methodology, Formal analysis, Visualization, Writing – original draft. Ulrich Mutze: Software, Formal analysis, Visualization, Writing – review & editing. Gillian G. Jones: Investigation, Data curation, Writing – review & editing. Joris Peters: Resources, Supervision, Funding acquisition, Writing – review & editing.

### References

- Ashby, M.P.J., Bowers, K.J., 2013. A comparison of methods for temporal analysis of aoristic crime. *Crime Science* 2 (1), 381. <https://doi.org/10.1186/2193-7680-2-1>.
- Behr, E., 1928. Die Abnutzung der Zähne bei den Karakul-Schafen mit besonderer Berücksichtigung der Abnutzungsanomalien und der Altersbestimmung nach dem Zahnwechsel. *Kühn-Archiv* (1992) 18, 70–114.
- Boessneck, J., von den Driesch, A., Meyer-Lemppenau, U., Wechsler-von Ohlen, E., 1971. Die Tierknochenfunde aus dem Oppidum von Manching, Volume 6. of Manching. Franz Steiner Verlag, Wiesbaden.
- Bostedt, H., Dedié, K., 1996. Schaf- und Ziegenkrankheiten: 92 Tabellen. In: UTB für Wissenschaft Große Reihe Veterinärmedizin. Ulmer, Stuttgart.
- Brown, G.T., 1927. Dentition as Indicative of the Age of the Animals of the Farm, 8 edition. John Murray, London.
- Damuth, J., Janis, M., 2011. On the relationship between hypsodonty and feeding ecology in ungulate mammals, and its utility in palaeoecology. *Biol. Rev.* 86, 733–758.
- Deniz, E., Payne, S., 1979. Eruption and wear in the mandibular dentition of Turkish Angora goats in relation to ageing sheep/goat mandibles from archaeological sites. In: Kubasiewicz, M. (Ed.), *Archaeozoology* 1, 153–163. Szczecin.

- Deniz, E., Payne, S., 1982. Eruption and wear in the mandibular dentition as a guide to ageing Turkish Angora Goats. In: Wilson, Bob, Grigson, Caroline, Payne, Sebastian (Eds.), *Ageing And Sexing Animal Bones from Archaeological Sites*, BAR British Series. BAR, Oxford, ISBN 0860541924, pp. 155–204.
- Ewbank, J.M., Phillipson, D.W., Whitehouse, R.D., 1964. Sheep in the Iron Age: a method of study. *Proc. Prehist. Soc.* 30, 423–426.
- Field, A., Miles, J., Field, Z., 2012. *Discovering Statistics Using R*, reprint edition. Sage, Los Angeles, Calif, ISBN 9781446200469.
- Frölich, G., 1928. Die Zucht des Karakulschafes am Tierzuchtinstitut der Universität Halle als Versuchs- und Forschungsobjekt. *Kühn-Archiv* (1992) 18, I–XIII.
- Grant, A., 1975. The animal bones. In: Cunliffe, Barry (Ed.), *Excavations at Portchester Castle. 1: Roman, Reports of the Research Committee of the Society of Antiquaries of London*. Society of Antiquaries, London, ISBN 978-0500770245, pp. 378–408.
- Grant, A., 1978. Variation in dental attrition in mammals and its relevance to age estimation. In: Brothwell, D.R., Thomas, Kenneth D., Clutton-Brock, Juliet (Eds.), *Research Problems in Zooarchaeology*. University College London Institute of Archaeology Publications, Taylor and Francis, London, ISBN 0905853075, pp. 103–106.
- Grant, A., 1982. The use of tooth wear as a guide to the age of domestic ungulates. In: Wilson, Bob, Grigson, Caroline, Payne, Sebastian (Eds.), *Ageing And Sexing Animal Bones from Archaeological Sites*, BAR British Series. BAR, Oxford, ISBN 0860541924, pp. 91–108.
- Greenfield, H.J., Arnold, E.R., 2008. Absolute age and tooth eruption and wear sequences in sheep and goat: determining age-at-death in zooarchaeology using a modern control sample. *JAS* 35, 836–849.
- Habermehl, K.H., 1975. Die Altersbestimmung bei Haus- und Labortieren ; mit 22 Tabellen. Parey, ISBN 3489683161. Berlin.
- Halstead, P., Collins, P., 2002. Sorting the sheep from the goats: morphological distinctions between the mandibles and mandibular teeth of adult Ovis and Capra. *JAS* 29, 545–553.
- Healy, W.B., Ludwig, T.G., 1965. Wear of sheep's teeth: I. The role of ingested soil. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 8 (4), 737–752. <https://doi.org/10.1080/00288233.1965.10423710>.
- Hepa, M., Müller, W., Mutze, U.R., 2018. Neuentdeckung in Assuan: Ein ungewöhnlicher Tierfriedhof. *Antike Welt* (2), 25–29.
- Jones, Gillian G., 2006. Tooth eruption and wear observed in live sheep from Butser Hill, the Cotswold Farm Park and five farms in the Pentland Hills, UK. In: Ruscillo, D. (Ed.), *Recent Advances in Ageing and Sexing Animal Bones*. Oxbow Books, Oxford, pp. 155–178.
- Jones, G.G., Sadler, P., 2012a. A review of published sources for age at death in cattle. *Environ. Archaeol.* 17 (1), 1–10.
- Jones, G.G., Sadler, P., 2012b. Age at death in cattle: methods, older cattle and known-age reference material. *Environ. Archaeol.* 17 (1), 11–28.
- Millard, A.R., 2006. A bayesian approach to ageing sheep/goats from toothwear. In: Ruscillo, D. (Ed.), *Recent Advances in Ageing and Sexing Animal Bones*. Oxbow Books, Oxford, pp. 145–154.
- Mutze, U.R., Müller, W., Hepa, M., Peters, J., in press. Old dentitions and young post-crania: Sheep burials in the Ptolemaic-Early Roman animal necropolis at Syene/Upper Egypt. In: Dajati, J., Hadjikoumis, A., Berthon, R., Chahoud, J., Kassianidou, V., Vigne, J.-D. (Eds.), *Archaeozoology of Southwest Asia and Adjacent Areas XIII*, Atlanta.
- Payne, S., 1973. Kill-off patterns in sheep and goats: the mandibles from Asvan Kale. *Anatol. Stud.* 23, 281–303.
- Payne, S., 1985. Morphological distinctions between the mandibular teeth of young sheep, Ovis, and goats, Capra. *JAS* 12, 139–147.
- Payne, S., 1987. Reference codes for wear states in the mandibular cheek teeth of sheep and goats. *JAS* 14, 609–614.
- Ratcliffe, J.H., McCullagh, M.J., 1998. Aoristic crime analysis. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 12 (7), 751–764.
- Sen, S., 2012. Intersection of Half Planes and Duality. <https://www.youtube.com/watch?v=0-k4xsvnnXU>.
- Sigl, J., 2017. *Syene II: Die Tierfunde aus den Grabungen von 2000-2009: Dissertation, Beiträge zur ägyptischen Bauforschung und Altertumskunde* 19. PeWe-Verlag, ISBN 9783935012225.
- Silver, I.A., 1969. The ageing of domestic animals. In: Brothwell, Don, Higgs, Eric (Eds.), *Science in Archaeology*. Thames and Hudson, London, pp. 283–302.
- Simonds, J.B., 1855. On the teeth of the ox, sheep, and pig, as indicative of the age of the animal. *J. Roy. Agric. Soc. Engl.* 15, 276–362.
- Twiss, K.C., 2008. An assessment of the archaeological applicability of faunal ageing methods based on dental wear. *Int. J. Osteoarchaeol.* 18, 329–351.
- Worley, F., Baker, P., Popkin, P.R.W., Hammon, A., Payne, S., 2016. The Sheep Project (2): The effects of plane of nutrition, castration and the timing of first breeding in ewes on dental eruption and wear in unimproved Shetland sheep. *JAS Reports* 6, 862–874.
- Youatt, W., 1834. *Cattle: Their Breeds, Management, and Diseases*. Baldwin & Cradock, London.
- Zeder, M.A., 2006. Reconciling rates of long bone fusion and tooth eruption and wear in sheep (Ovis) and goat (Capra). In: Ruscillo, D. (Ed.), *Recent Advances in Ageing and Sexing Animal Bones*. Oxbow Books, Oxford, ISBN 1842171224, pp. 87–118.

## 4. Ergebnisse

Wie eingangs bereits erwähnt, bezieht sich die vorliegende Arbeit ausschließlich auf die Tierknochenfunde aus dem Tierfriedhof von Syene. Diese werden als eine Einheit betrachtet, ohne Berücksichtigung der chronologischen Reihenfolge der Bestattungen. Die Einteilung in mehrere Bestattungsphasen wird zu einem späteren Zeitpunkt auf Grundlage der noch nicht abgeschlossenen Untersuchung der Keramikfundstücke stattfinden und gesondert publiziert werden.

### 4.1. Allgemeines

#### 4.1.1. Schnitt-, Hack- und sonstige Bearbeitungsspuren

Im Rahmen der archäozoologischen Untersuchung der im Friedhofsareal geborgenen Tierknochen wurden hin und wieder Bearbeitungsspuren, fast ausschließlich Schnittspuren, festgestellt. Diese sind im Verhältnis zum gesamten Materialumfang allerdings sehr selten anzutreffen und betreffen ausschließlich Knochen, die nicht einer Tierbestattung zugeordnet werden können (auch bei Tier 195, einem Rinderschädel mit Schnittspuren, siehe Abschnitt 4.5.3, muss die Einstufung als Bestattung nachträglich revidiert werden). Diese Knochen stehen nicht im Fokus der vorliegenden Arbeit und auf eine umfassende Auswertung wird daher an dieser Stelle verzichtet. Da die Frage nach Bearbeitungsspuren jedoch für die Interpretation des Fundplatzes von zentraler Bedeutung ist, soll darauf kurz eingegangen werden.

Bei den Knochen mit Bearbeitungsspuren handelt es sich häufig um Knochenfragmente mit einem deutlich schlechteren Erhaltungszustand als dem des Tierskeletts, mit dem zusammen sie geborgen wurden. Dies spricht dafür, dass sie bereits seit längerer Zeit an der Oberfläche herumgelegen hatten, bevor sie zufällig während der Bestattung eines Tierkörpers in dessen Nähe zu liegen kamen. Es handelt sich, soweit bestimmbar, ausschließlich um Knochen von Tierarten, die regelmäßig der Fleischgewinnung dienten, zum Teil auch von solchen, die unter den Bestattungen nicht nachgewiesen sind, wie etwa Gazellen. An Knochen von Hunden und Katzen wurden keine solchen Spuren festgestellt. Bei der Untersuchung der mehr oder weniger vollständigen Skelette, die als Tierbestattungen gedeutet werden, wurde sehr genau auf eventuelle Tötungsspuren geachtet. Insbesondere die Ventralseiten der Halswirbel wurden grundsätzlich penibel untersucht. An keinem dieser Skelette konnte ein Hinweis auf eine Tötung oder eine Verwertung des Tierkörpers gefunden werden.



### 4.1.2. Taphonomische Veränderungen

Die meisten der insgesamt 327 Tierbestattungen sind sehr gut erhalten, was darauf hindeutet, dass die Kadaver relativ kurz nach dem Tod der Tiere in ausreichender Tiefe bestattet wurden. In einigen Fällen finden sich allerdings auch Hinweise auf eine längere Verweildauer von Teilen des Körpers an der Oberfläche, was gut zu der Beobachtung passt, dass die Tiere in seichten Gruben bestattet waren (von Pilgrim u. Müller 2013; Hepa u. a. 2018).

16 Skelette und Teilskelette weisen an einem oder mehreren Skelettelementen Verbissspuren auf, die offensichtlich durch zwei verschieden große Karnivorenarten verursacht wurden. Der größeren Art, aller Wahrscheinlichkeit nach handelte es sich um Hunde, gelang es, die Epiphysen ausgewachsener Schafe bis zur Unkenntlichkeit zu zerkauen. Außerdem ist zu beobachten, dass von den betroffenen Skeletten häufig ganze Gliedmaßen (-abschnitte) fehlen, was darauf hindeutet, dass diese von den Tieren, die den Verbiss verursachten, verschleppt wurden. Von einer kleineren Art stammen Verbissspuren in Form feiner Linien. Selbst die Skelette junger Lämmer wurden durch diesen Verbiss nicht nennenswert zerstört. Es muss sich also um kleinere Tiere, möglicherweise um Füchse, Katzen oder Wiesel gehandelt haben. 24 Skelette zeigen an einem oder mehreren Skelettelementen mehr oder weniger ausgeprägte Längsrisse, die durch wechselnde Temperatur und Feuchtigkeit entstehen können (Fernández-Jalvo u. Andrews 2016, 202). Solche Verwitterungsspuren sind, wie auch die Verbissspuren, als Indizien für eine oberflächliche Lage der Kadaver zu werten. Daher kann es nicht weiter verwundern, dass beide häufig an denselben Skeletten zu finden sind (n=12). Einen solchen Fall zeigt Abbildung 4.1. Das linke Photo zeigt die Fundsituation dieser Bestattung. Der Kopf ist mit einer großen Keramikscherbe abgedeckt. Auf dem rechten Photo ist der distale Abschnitt der rechten Tibia zu sehen. Erkennbar sind die oben beschriebenen feinen Verbissspuren, die vermutlich durch einen kleinen Karnivoren entstanden sind, sowie Richtung Schaftmitte feine Längsrisse als Folge von Verwitterung. Verbiss und Verwitterung fanden sich an vielen Elementen dieses Skeletts, der Schädel hingegen blieb unter der Keramikabdeckung gut erhalten. Welche Tierbestattungen Verwitterungs- und/oder Verbissspuren aufwiesen, ist Anhang A zu entnehmen.



Abbildung 4.1.: Tier 121, weibliches Schaf: Vollständige Bestattung mit Keramikabdeckung des Kopfes (links) und rechte Tibia mit feinen Verbissspuren und verwitterungsbedingten Längsrissen (rechts).

### 4.2. Tierartenverteilung

Unter den 327 Tierbestattungen des Tierfriedhofs von Syene ist das Schaf mit 246 bestatteten Individuen, darunter 11 trächtige Mutterschafe, die mit Abstand häufigste Tierart. Danach folgt der Hund mit 56 Individuen. 13 Skelette stammen von Rindern, die allesamt noch nicht ausgewachsen waren. Darüber hinaus konnten 11 Katzen und eine einzige, sehr junge Ziege nachgewiesen werden. Der Rinderschädel mit der Tiernummer 195 wird hier nicht berücksichtigt, da er nach eingehender Prüfung der Gegebenheiten nicht als Bestattung eingestuft wird (siehe Abschnitt 4.5.3).

#### 4. Ergebnisse

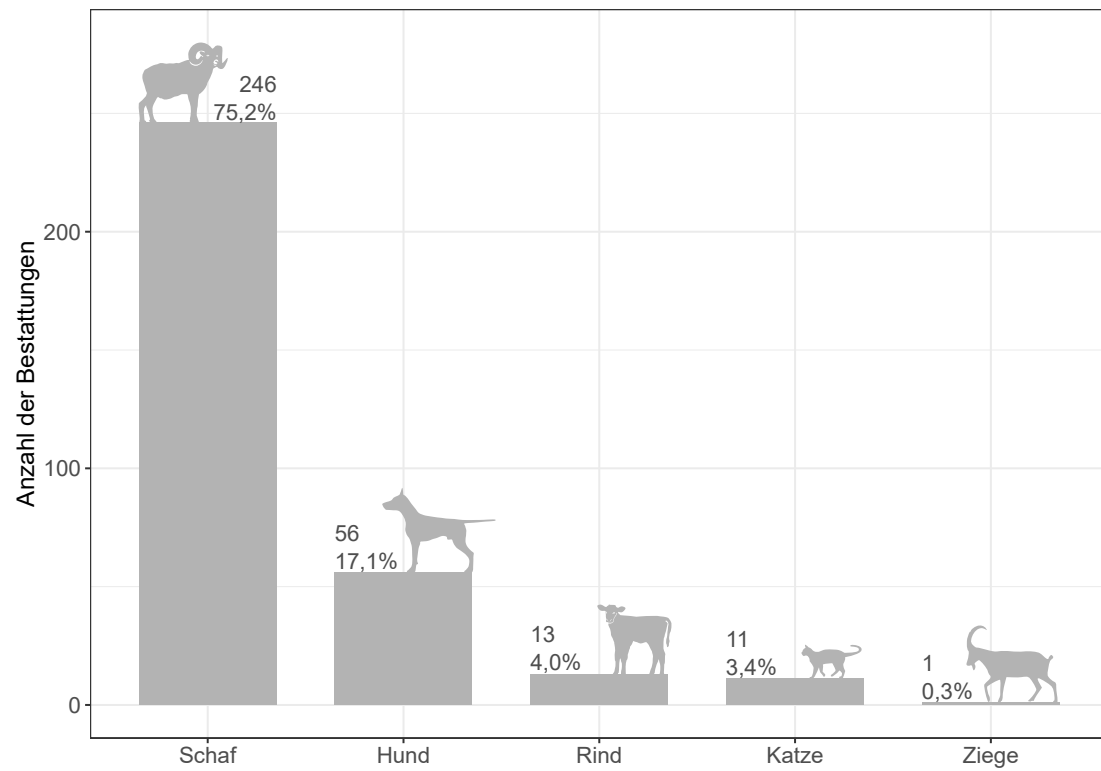


Abbildung 4.2.: Artzugehörigkeit der 327 Tierbestattungen



### 4.3. Schafe

Die Befunde an den 246 bestatteten Schafindividuen zuzüglich 11 ungeborener Feten lassen aussagekräftige Untersuchungen über Habitus, Altersverteilung, Geschlechterverteilung, Fortpflanzung und Gesundheitsstatus dieser Tiere zu.

#### 4.3.1. Habitus der Schafe

Nach Boessneck (1988) handelt es sich beim altägyptischen Wollschaf oder Ammonschaft um eine zur Zeit des Mittleren Reiches (ca. 2137 bis 1781 v. Chr.) aus Vorderasien eingeführte Schafrasse, die das zuvor in Ägypten übliche Schraubenhornschaf, ein Haarschaf, schon bald vollkommen verdrängte. In der Tat passt seine Beschreibung des Ammonschaftes gut zu den Funden aus dem Tierfriedhof von Syene. Über die Hörner der männlichen Tiere schreibt er: „Sie entspringen in Verlängerung der Stirnebene nach hinten außen und bilden weit offene, seitwärts ausgezogene Spiralen.“ (Boessneck 1988, 73). Ein solches Gehörn ist bei männlichen Schafskeletten des hier beschriebenen Fundguts die Regel. Der in Abbildung 4.3 dargestellte Schädel von Tier 21b zeigt die typische Hornform besonders gut, da sich infolge einer Abdeckung mit Keramik sogar eine Hornscheide erhalten hat. Abweichend hiervon drehen die Hörner von Tier 163 deutlich stärker nach außen. Sie sind zwar nicht vollständig erhalten, im Vergleich mit Tier 140 (Abb. 4.4) wird der Unterschied aber dennoch deutlich. Ob dieses Tier noch Gene des altägyptischen Schraubenhornschafes in sich trug, bleibt reine Spekulation. Die Abweichung könnte ebenso gut im Bereich der natürlichen Variabilität der Ammonshornform liegen. Es muss an dieser Stelle auch erwähnt werden, dass die Hornzapfen in den meisten Fällen unvollständig, stark fragmentiert und/oder ohne Zusammenhang mit dem Schädel vorliegen, sodass die Hornform nur in wenigen Fällen zweifelsfrei beurteilt werden kann. Darüber hinaus ist die Form der Hörner mit der üblichen Methodik nicht messbar, wodurch die Bandbreite an vorkommenden Formen schwer erfasst werden kann. Ein eindeutig männliches, dabei aber hornloses Schaf befindet sich ebenfalls im Fundgut (Tier 218, Abb. 4.5). Dies scheint aber eine Ausnahme darzustellen. Auch wenn die Schädel selten intakt geblieben sind, so sind bei fast allen Skeletten von männlichen Schafen, sofern überhaupt Schädelfragmente vorliegen, auch Hornzapfenfragmente zu finden. Die weiblichen Tiere hingegen waren üblicherweise hornlos, an manchen Schädeln finden sich sehr kleine Hornzapfen. Manche als männlich bestimmte Tiere besitzen dünnwandige, außergewöhnlich kleine oder stark asymmetrisch ausgebildete Hornzapfen, die als Hinweis auf eine mögliche Kastration dieser Tiere gedeutet werden. Hierauf wird in Kapitel 4.3.3 näher eingegangen.

Um einen Eindruck der Größe der Schafe zu erlangen, wurden zunächst die Widerristhöhen der Tiere anhand der von Teichert (1975, 63) für ur- und frühgeschichtliche Schafe angegebenen Faktoren geschätzt. Teichert führte seine Studien an mitteleuropäischen Landschaftsrassen sowie Merinofleisch- und Askanienschafen durch und bezog zusätzlich neun Schafskelette aus dem germanischen Opfermoor von Oberdorla ein. Es gilt zu bedenken, dass aufgrund der klimatischen Bedingungen Schafrassen in tropischen und subtropischen Regionen hochbeiniger sein können als ihre Artgenossen der gemäßigten Klimazone (Allen, 1877). Über das altägyptische Schraubenhornschaf schreibt Boessneck

#### 4. Ergebnisse



Abbildung 4.3.: Schädel von Tier 21b (männlich) mit erhaltener linker Hornscheide

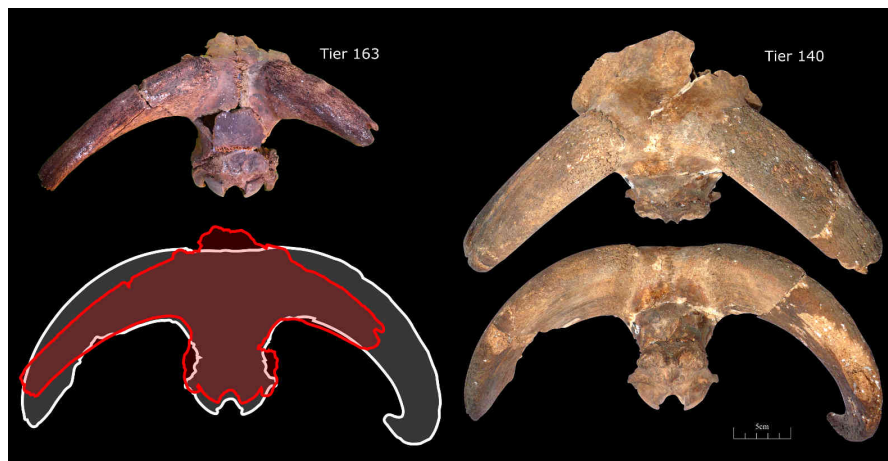


Abbildung 4.4.: Unterschiedliche Hornformen bei Tier 163 und 140 (beide männlich)

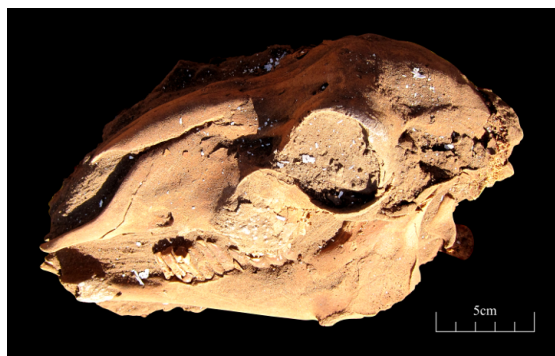


Abbildung 4.5.: Der Schädel von Tier 218 (männlich, hornlos) wurde im Block geborgen.  
Beim späteren Säubern ist er in mehrere Teile zerbrochen.

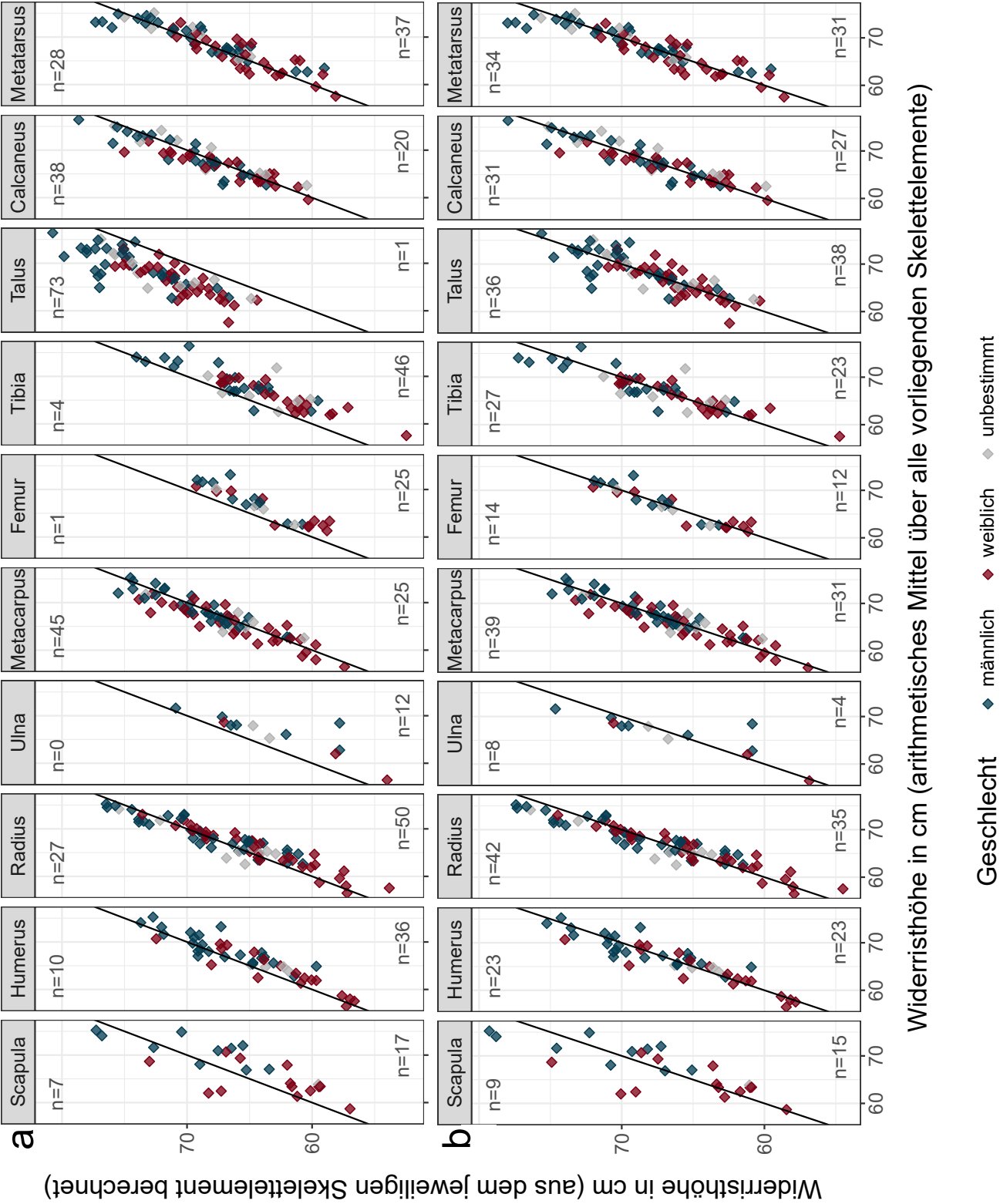


Abbildung 4.6.: Widerristhöhe der Schafe aus Syene auf Grundlage einzelner Langknochen gegen mittlere Widerristhöhe, mithilfe der Faktoren nach Teichert (1975) (a) und mithilfe neu berechneter Faktoren (b). Eingezeichnet ist jeweils die Ursprungsgerade mit der Steigung 1 ( $y = x$ ), sowie die Anzahlen der Werte, die oberhalb und unterhalb dieser Geraden liegen.

#### 4. Ergebnisse

(1988, 72f.), dass es außergewöhnliche Proportionen aufweist, dergestalt, dass die Radien im Vergleich mit den Humeri außergewöhnlich lang sind. Aufgrund der resultierenden optischen Hochbeinigkeit wird dieser Schaftyp auch als *Ovis longipes palaeoaegypticus* bezeichnet (Dürst u. Gaillard 1902). Auf die Proportionen der Langknochen beim Ammonschaft geht Boessneck nicht näher ein. Aufgrund der zahlreichen nahezu vollständigen Schafskelette bietet das vorliegende Knochenmaterial aus dem Tierfriedhof von Syene die Möglichkeit, die von Teichert vorgeschlagenen Faktoren auf ihre Übertragbarkeit auf altägyptische Schafe hin zu überprüfen und mögliche Proportionsunterschiede zu untersuchen.

Hierfür wurden sämtliche Skelette von adulten Schafen verwendet, bei denen mindestens drei der von Teichert verwendeten Langknochen messbar sind ( $n=102$ ). Wie von Teichert (1975, 65) empfohlen, wurde aus den Widerristhöhen, die sich aus den Knochenmaßen eines Tieres errechnen, der Mittelwert gebildet. Nun wurden die aus den einzelnen Skelettelementen berechneten Widerristhöhen in einem Punktdiagramm gegen die mittleren Widerristhöhen der jeweiligen Tierskelette aufgetragen. Abbildung 4.6a zeigt das Ergebnis, nach Skelettelementen getrennt. Die Ursprungsgerade mit der Steigung 1 zeigt an, wo sich sämtliche Punkte befinden müssten, wenn die aus den einzelnen Langknochen berechneten Widerristhöhen mit den Mittelwerten übereinstimmen. Außerdem ist angegeben, in wie vielen Fällen sich der Einzelwert oberhalb und in wie vielen Fällen unterhalb des Mittelwerts befindet. Es ist erkennbar, dass die aus den einzelnen Skelettelementen ermittelten Widerristhöhen bei manchen Skelettelementen eher über (Metacarpus, Talus und Calcaneus) und bei anderen eher unter (am deutlichsten Scapula, Ulna, Femur und Tibia) den mittleren Widerristhöhen liegen. Dies deutet darauf hin, dass die Proportionen der Schafe aus Syene nicht mit denen der von Teichert untersuchten Schafe übereinstimmen. Metacarpus, Talus und Calcaneus scheinen bei den Schafen aus Syene im Verhältnis länger zu sein, während Scapula, Ulna, Femur und Tibia kürzer sind. Auch der Radius ist im Mittel eher kürzer, wodurch sich offenbar das Ammonschaft vom altägyptischen Schraubenhornschaf unterscheidet.

Aufgrund der deutlichen und regelhaften Abweichung bei einigen Skelettelementen erschien es angebracht, im Rahmen der vorliegenden Arbeit eigene Faktoren zu ermitteln, die die Proportionen der Schafe aus Syene besser widerspiegeln.

Der Berechnung liegt die Annahme zugrunde, dass die nach Teichert berechnete mittlere Widerristhöhe im Gegensatz zu den einzelnen Faktoren Gültigkeit besitzt. Diese Annahme ist dann korrekt, wenn die Proportionen der Langknochen das einzige Merkmal sind, in dem sich verschiedene Schafindividuen bei gleicher Widerristhöhe unterscheiden können. In diesem Fall muss nämlich bei zwei Individuen mit gleicher Widerristhöhe die Summe aller Langknochenlängen gleich sein. Für jeden Langknochen, der kürzer ist als bei einem anderen Individuum mit gleicher Widerristhöhe, müsste also ein anderer Langknochen länger sein, sodass die durchschnittliche Widerristhöhe über alle Langknochen selbst bei Verwendung ungeeigneter Faktoren korrekt ist. Selbstverständlich stimmt diese Annahme nicht exakt, denn die Widerristhöhe wird sehr wohl durch weitere Merkmale mitbestimmt, bei denen auch mit einer gewissen individuellen aber auch typabhängigen Variabilität zu rechnen ist. Hier wären Länge der Phalangen und Hand- bzw. Fußwurzelknochen, Gelenkknorpel, Weichgewebe, Länge der Dornfortsätze, über denen die Wider-

#### 4. Ergebnisse

risthöhe gemessen wird, sowie Winkelung der Gliedmaßen zu nennen. Ebenso ist davon auszugehen, dass die Längen der Vordergliedmaßenknochen, über denen die Widerristhöhe gemessen wird, in einem engeren Zusammenhang mit selbiger stehen als die Längen der Hintergliedmaßenknochen.

Allerdings lassen sich die Einflüsse all dieser Merkmale nicht leicht untersuchen. Zudem besitzt die Widerristhöschätzung für den Archäozoologen eine wichtige Funktion, für die diese Punkte nicht entscheidend sind. Es ist nämlich nicht in erster Linie wichtig, zu wissen, welche Widerristhöhe die Tiere tatsächlich besaßen. Der Vorteil der Widerristhöschätzung liegt auch darin, Längenmaße von verschiedenen Langknochen vergleichbar zu machen, also beispielsweise zu erkennen, ob ein Tier, von dem ein Humerus vorliegt, größer oder kleiner war als ein anderes Tier, von dem eine Tibia vorliegt. Für diese Fragestellung sind einzig und allein die Relationen der Langknochen zueinander entscheidend. Da genau diese Fragestellung auch im Rahmen der vorliegenden Arbeit essentiell ist, wird die nach Teichert berechnete mittlere Widerristhöhe als korrekt angenommen und das Ziel ist lediglich, Faktoren zu entwickeln, die innerhalb dieses vorgegebenen Rahmens die Proportionen der Langknochen bei den Schafen aus dem Tierfriedhof von Syene möglichst gut wiedergeben. Hierfür wurde wie folgt vorgegangen:

Für jedes der 102 Individuen wurde die nach Teichert berechnete mittlere Widerristhöhe durch die einzelnen Längenmaße der vorliegenden Langknochen geteilt. Bei Humerus und Femur wurde dies nicht nur für die GröÖte Länge (GL), sondern auch für die vom Caput aus gemessene GröÖte Länge (GLC) durchgeführt. Auf diese Weise entstand bei jedem Individuum für jedes vorhandene Längenmaß ein Faktor.

Beispiel Radius:

$$\frac{\text{Mittlere Widerristhöhe nach Teichert}}{\text{GL Radius}} = \text{Faktor Radius}$$

Aus diesen Faktoren wurde dann für jedes Längenmaß über sämtliche Individuen der Mittelwert gebildet. Tabelle 4.1 gibt die Ergebnisse wieder. Abbildung 4.6b stellt die auf Basis dieser neuen Faktoren berechneten Widerristhöhen gegenüber den mittleren Widerristhöhen (nach Teichert) dar. Das Verhältnis zwischen zu hoch und zu gering berechneten Werten ist deutlich ausgeglichener als bei Abbildung 4.6a. Als Maß für die Ähnlichkeiten der Anzahlen zu hoch und zu gering geschätzter Werte ist in Tabelle 4.1 jeweils der Modulationsgrad  $\alpha$ , auch Michelson-Kontrast genannt, angegeben. Dieser wird mit folgender Formel berechnet (Röhler 1967, 32).

$$\alpha = \frac{\text{Maximum} - \text{Minimum}}{\text{Maximum} + \text{Minimum}}$$

Dabei ist *Maximum* jeweils die größere und *Minimum* die kleinere der beiden Anzahlen. Der Modulationsgrad  $\alpha$  nimmt Werte zwischen 0 und 1 an und ist unabhängig von der absoluten GröÖe der Anzahlen. Der Wert 0 steht für eine Gleichheit und der Wert 1 für eine maximale Unterschiedlichkeit der beiden Werte. Aus Tabelle 4.1 wird ersichtlich, dass die Kontraste ( $\alpha$ ) zwischen zu hoch und zu gering berechneten Widerristhöhen mit den neu berechneten Faktoren deutlich geringer sind als mit den von Teichert ermittelten Faktoren. Die Geschlechterverteilung ist ebenfalls in Abbildung 4.6 dargestellt. Es fällt

#### 4. Ergebnisse

auf, dass die weiblichen Tiere im Durchschnitt geringere Widerristhöhen aufweisen als die männlichen, wobei der Überschneidungsbereich groß ist. Was die Korrelation zwischen den aus einzelnen Skelettelementen berechneten Widerristhöhen mit den mittleren Widerristhöhen betrifft, lässt sich jedoch mit bloßem Auge kein Unterschied zwischen den Geschlechtern erkennen. Da auch Teichert (1975, 63) bei seinen Untersuchungen keine nennenswerten Proportionsunterschiede zwischen männlichen und weiblichen Schafen feststellen konnte, wird an dieser Stelle auf eine geschlechtergetrennte Auswertung verzichtet, zumal für einige Skelettelemente ohnehin nur wenige Maße vorliegen.

Es sei noch einmal betont, dass es sich bei der Berechnung der Widerristhöhen lediglich um eine Schätzung handelt. Diese Schätzung ist jedoch ein probates Mittel, um die Größen der Tiere basierend auf verschiedenen Skelettelementen zu untersuchen. Sie hat daher einen festen Platz in der archäozoologischen Methodik und es muss, abhängig vom Morphotyp der untersuchten Schafpopulation, im Einzelfall entschieden werden, ob die in dieser Arbeit entwickelten Faktoren den von Teichert empfohlenen vorzuziehen sind. In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass sich die Haltungsbedingungen der Schafe im Tierfriedhof allem Anschein nach von denen zeitlich und räumlich vergleichbarer Schafe unterscheiden (siehe Abschnitt 5.4). Es ist nicht auszuschließen, dass sich diese Haltungsbedingungen, z.B. in Form einer Mangelernährung, auch auf die Proportionen der Langknochen ausgewirkt haben.

Die Widerristhöhen der männlichen und weiblichen Schafe sind in Abbildung 4.7 dargestellt. Die Punkte bilden die Widerristhöhen der männlichen Tiere ab, deren Skelette Hinweise auf eine mögliche Kastration lieferten. Diese Werte sind aber dennoch zusätzlich im Boxplot enthalten. Boessneck (1988) gibt für männliche Ammonsche Widerristhöhen zwischen 70 und 75 cm, für weibliche zwischen 65 und 70 cm an. Abbildung 4.7 zeigt, dass die im Tierfriedhof bestatteten Schafe etwas kleiner waren. Sigl gibt in ihrer Dissertationsschrift über die Tierknochenfunde aus Assuan (2017, 183) die mittleren Widerristhöhen der Schafe aus der Ptolemäer- und Römerzeit jeweils mit 73 cm an. Diese Werte basieren auf Maßen von Metapodien, Tali und Calcanei. Die Widerristhöhen wurden aus diesen Maßen jeweils mithilfe der von Teichert (1975) ermittelten Faktoren berechnet. Eine Unterscheidung der Geschlechter war anhand der verwendeten Knochen nicht möglich. Um die Funde aus dem Tierfriedhof mit dieser Angabe vergleichen zu können, wurden hier ebenfalls Widerristhöhen auf Basis der Metapodien, Tali und Calcanei anhand der von Teichert (1975) ermittelten Faktoren berechnet. Lagen von einem Skelett mehrere der genannten Skelettelemente vor, wurden die Einzelwerte gemittelt. In die Berechnung gingen 129 ausgewachsene Individuen ein, davon 49 männliche, 59 weibliche und 21 unbestimmten Geschlechts. Die auf diese Weise ermittelte mittlere Widerristhöhe beträgt 69 cm und liegt damit deutlich unter dem von Sigl (2017) angegebenen Wert (73 cm). Dieser Unterschied ist nach dem Wilcoxon-Rangsummentest signifikant ( $p = 0,0481$ ), weist jedoch nur eine geringe Effektstärke auf ( $r = -0,166$ ). Dies ist möglicherweise damit zu begründen, dass die von Sigl (2017) angegebenen 73 cm sich aus nur 5 (Ptolemäerzeit) bzw. 7 (Römerzeit) Werten berechnen. Solch geringe Stichprobengrößen können von verschiedenen Zufällen beeinflusst sein, wie z.B. von einer stark einseitigen Geschlechterverteilung.

Um den Unterschied der beiden räumlich und zeitlich vergleichbaren Populationen

#### 4. Ergebnisse

Skelettelement	Maß	Anzahl verwendeter Maße Syene	Faktoren Teichert	eigene Faktoren	$\alpha$ Teichert	$\alpha$ eigen
Scapula	HS	24	4,22	4,33	0,42	0,25
Humerus	GL	46	4,28	4,37	0,57	0
	GLC	48		4,89		
Radius	GL	77	4,02	4,07	0,3	0,09
Ulna	GL	12	3,22	3,39	1	0,33
Metacarpus	GL	70	4,89	4,85	0,29	0,11
Femur	GL	26	3,53	3,67	0,92	0,08
	GLC	19		3,76		
Tibia	GL	50	3,01	3,14	0,84	0,08
Talus	GLI	74	22,68	21,24	0,97	0,03
Calcaneus	GL	58	11,4	11,3	0,31	0,07
Metatarsus	GL	65	4,54	4,58	0,14	0,05

Tabelle 4.1.: Ergebnisse der Berechnung neuer Faktoren für die Widerristhöenschätzung beim Schaf. Die Messstrecken sind in Anhang E erklärt.

näher zu untersuchen, wurde daher auch noch der *LSI* herangezogen. Da das von Sigl (2017) untersuchte Material aus Siedlungsabfall besteht und entsprechend viele fragmentierte Knochen enthält, stehen hier deutlich mehr Breiten- und Tiefenmaße als Längenmaße zur Verfügung, sodass der Vergleich anhand des *LSI* auf einer deutlich breiteren Datenbasis fußt. Das Ergebnis des Vergleichs ist in Abbildung 4.8 dargestellt. In diese Untersuchung gingen aus dem Tierfriedhof 171 (Teil-)skelette ein, davon 57 männliche, 78 weibliche und 36 unbekannten Geschlechts. Die *LSI* Werte der Breiten- und Tiefenmaße der Gliedmaßenknochen (mit Ausnahme der Phalangen) wurden für jedes (Teil-)skelett gemittelt. Die *LSI* Werte aus den Siedlungsgrabungen von Syene stammen von 84 Gliedmaßenknochen (-fragmenten), davon 54 aus ptolemäischer, 29 aus römischer Zeit und einem nicht genau zuzuordnendem. Auch hier wurden ausschließlich Breiten- und Tiefenmaße verwendet. Lagen von einem Knochen(-fragment) mehrere verwendbare Maße vor, wurden die *LSI* Werte gemittelt. An den verwendeten Knochen war meist keine Geschlechtsbestimmung möglich, im gesamten Fundgut scheint das Geschlechterverhältnis allerdings mit dem des Tierfriedhofs vergleichbar zu sein. Während unter den Hornzapfen die männlichen vorherrschen, was nicht verwundert, da die weiblichen Schafe häufig hornlos sind, sind unter den Beckenfunden die weiblichen häufiger vertreten (Sigl 2017, 156). Als Standard für die Berechnung der *LSI* Werte wurden für beide Fundkomplexe die Knochenmaße von Tierskelett 42 aus dem Tierfriedhof verwendet, die in Tabelle 2.2 dargestellt sind.

Die Untersuchung ergab einen signifikanten Unterschied ( $p = 0,00038$ ) mit einer geringen bis mittleren Effektstärke ( $r = -0,223$ ). Für die Bewertung des Ergebnisses ist auch entscheidend, dass alle verwendeten Individuen aus dem Tierfriedhof definitiv ausgewachsen sind. Bei fragmentierten Knochen, wie sie in Siedlungsabfall häufig vorkommen,

#### 4. Ergebnisse

birgt die Auswertung der *LSI* Werte von Breiten- und Tiefenmaßen stets das Risiko, nicht ausgewachsene Individuen miteinzubeziehen. Besonders die früh synostierenden Gelenkenden wachsen nach dem Epiphysenschluss noch erheblich in die Breite. Eben diese sind aber auch besonders stabil und daher im Fundgut häufig zahlreich vertreten und gut messbar (beim Schaf z.B. distaler Humerus, Metapodien, distale Tibia). Gleiches gilt für den Talus, der überhaupt keine Wachstumsfuge aufweist und dessen Reifegrad bei isoliertem Vorliegen nur anhand der Knochenstruktur bewertet werden kann. Somit kann der mittlere *LSI* eines Faunenmaterials aus Siedlungsabfall durch das Vorliegen nicht ausgewachsener Individuen beträchtlich verringert sein. Wie bereits erwähnt, kann diese Unsicherheit für das Material aus dem Tierfriedhof ausgeschlossen werden, da es sich um (Teil-)Skelette mit vielen beurteilbaren Skelettelementen handelt. Für das Material aus der Siedlung lässt sich eine solche Verzerrung nicht ausschließen und würde den beobachteten Unterschied zwischen den beiden Populationen gegebenenfalls sogar noch vergrößern. Somit lässt sich mit einiger Wahrscheinlichkeit schlussfolgern, dass die im Tierfriedhof von Syene bestatteten Schafe im Durchschnitt kleiner waren als für Schafe dieser Gegend zu dieser Zeit üblich.

Gemeinhin wird angenommen, dass das Ammonschaf zu den Fettschwanzschafen zählt (Boessneck 1988, 73). Dies belegen bildliche Darstellungen (z.B. Edgar 1906, Nr. 33.446) sowie Mumienfunde (Lortet u. Gaillard 1905, 271). Im hier beschriebenen Fundgut sind Schwanzwirbel naturgemäß häufig unterrepräsentiert, da sie aufgrund ihrer geringen Größe bei der Ausgrabung leicht übersehen werden. Inwieweit die Aussagen, die sich anhand der Funde für einzelne Tiere treffen lassen, für die gesamte Population gelten, ist folglich unklar. Die höchste Anzahl an geborgenen Schwanzwirbeln erreicht Tier 21a mit 13 Stück. Barone (1976, 178) gibt die Anzahl der Schwanzwirbel beim Hausschaf mit 16 bis 22 an. von Nathusius (1880, 105) unterscheidet schwanzlose Rassen mit nur 3, kurzschwänzige Rassen mit 12 bis 16 und langschwänzige Rassen mit 22 bis 24 Schwanzwirbeln. Es lässt sich also lediglich sagen, dass Tier 21a nicht schwanzlos war. Da nicht sicher ist, ob alle Schwanzwirbel geborgen wurden, kann über die Länge des Schwanzes nur spekuliert werden.

Aussagekräftiger ist die Beobachtung einer speziellen pathologischen Erscheinung an den Schwanzwirbeln mehrerer Tiere. Im Rahmen von Vergleichsstudien konnten an Skeletten von Karakulschafen der Julius-Kühn-Sammlung in Halle an der Saale sehr ähnliche Beobachtungen gemacht werden, weshalb diese pathologische Erscheinung mit dem Vorhandensein eines Fettschwanzes in Verbindung gebracht wird. Diese pathologische Veränderung wird in Abschnitt 4.3.5.5 näher beschrieben.



#### 4. Ergebnisse

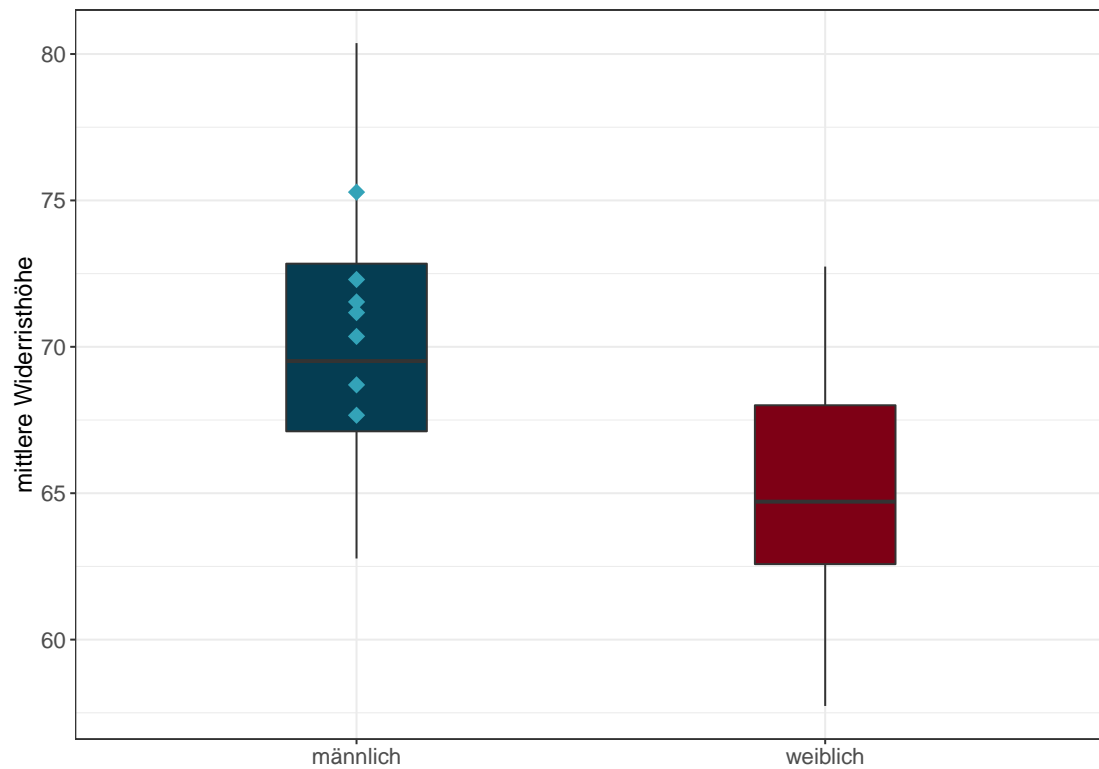


Abbildung 4.7.: Widerristhöhen der Schafe. Basierend auf den (Teil-) Skeletten von 68 weiblichen und 54 männlichen, davon 7 eventuell kastrierten Schafen. Letztere sind innerhalb der Box der männlichen Tiere als hellblaue Punkte dargestellt. Die Daten sind aber dennoch auch in der Box enthalten. Alle in dieser Graphik dargestellten Individuen sind ausgewachsen. Die Widerristhöhen wurden mithilfe der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Faktoren bestimmt.

#### 4. Ergebnisse

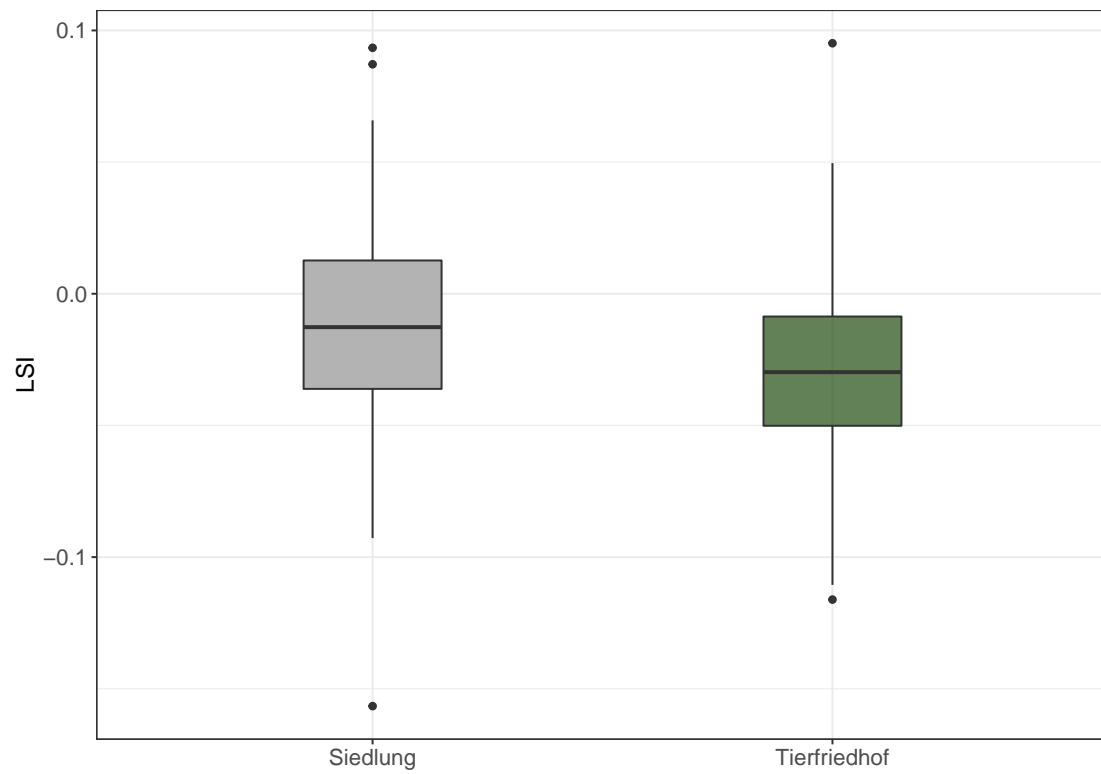


Abbildung 4.8.: *LSI* der Breiten- und Tiefenmaße von Gliedmaßenknochen bei ptolemäischen und römischen Faunenresten aus Siedlungsgrabungen in Assuan (Sigl 2017; n=84; 54 ptolemäisch, 29 römisch) und dem Tierfriedhof von Syene (n=171; 57 männlich, 78 weiblich, 36 unbestimmt). Alle Knochen aus dem Tierfriedhof stammen von ausgewachsenen Individuen.

### 4.3.2. Altersverteilung der Schafe

Abbildung 4.9 zeigt die Altersverteilung der Syene-Schafe nach dem Zahnalter und nach dem Epiphysenalter, jeweils farblich nach Geschlechtern getrennt. Den beiden Histogrammen liegen nicht exakt dieselben Individuen zugrunde, da Postcraniale und Zähne nicht bei allen Individuen gleichermaßen vorhanden und beurteilbar waren. Das obere Histogramm basiert auf der Zahnaltersbestimmung durch WoTiS (Mutze u. a. 2021b, Abschnitt 3.3), das untere auf dem Epiphysenalter nach Habermehl (1975). Für das erste Lebensjahr wurde die Altersverteilung nach dem Epiphysenstatus noch einmal in Monatsschritten dargestellt (Abb. 4.10). Für das Zahnalter wurde hierauf verzichtet, da die große Gruppe der sehr jungen Tiere durch die mangelhafte Erhaltung ihrer noch unvollständig mineralisierten Zähne stark unterrepräsentiert wäre. Nach dem vollständigen Verwachsen der Wirbelepiphyphen im Alter von circa fünf Jahren versagt naturgemäß die Altersbestimmung nach dem Epiphysenschluss. Davor ähneln sich die Altersverteilungen (Abb. 4.9) stark. Die Altersverteilung auf Basis der Zähne wurde bereits erörtert (Mutze u. a. 2021b, Abschnitt 3.3). Da sie jedoch für die Interpretation des Tierfriedhofs von zentraler Bedeutung ist, wird auf ihre Beschreibung und Interpretation an dieser Stelle nicht verzichtet. Es fällt auf, dass die Altersverteilung insgesamt drei Spitzen aufweist, betreffend sehr junge Tiere, mittelalte Weibchen, sowie Tiere im sechsten Lebensjahr. Im folgenden soll erläutert werden, inwiefern diese drei Spitzen dafür sprechen, dass es sich bei den bestatteten Schafen im Tierfriedhof von Syene um verendete Tiere handelt.

Die erste Spitze besteht aus Tieren, die im ersten halben Lebensjahr gestorben sind. Abbildung 4.10 macht deutlich, dass es sich ganz überwiegend um Tiere unter drei Monaten handelt. Eine nähere Aufschlüsselung dieser Altersgruppe ist nach dem Epiphysenschluss nicht möglich, da die ersten Wachstumsfugen an den Langknochen (am proximalen Radius und am distalen Humerus) erst im Alter von drei bis vier Monaten schließen (Habermehl 1975, 121). In Abbildung 4.10 sind dem ersten Lebensmonat dennoch mehr Tiere zugeordnet als den beiden folgenden. Dies betrifft die Skelette, die aufgrund ihrer Größe und Porosität und zum Teil auch aufgrund der Tatsache, dass sie mit dem Muttertier gemeinsam bestattet waren, als fetal oder perinatal eingestuft wurden.

Um die Altersverteilung dieser sehr jungen Schafe näher zu untersuchen, wurden die Diaphysenbreiten des distalen Humerus nach Pöllath u. a. (2021) ausgewertet (Abb. 4.11). In der Abbildung sind nur diejenigen Tiere enthalten, deren Humerus distal noch nicht verwachsen und messbar ist ( $n=22$ ). Diese Untersuchung bietet eine gute Basis für die Erörterung möglicher Todesursachen in dieser Altersgruppe. Die beiden mit ihrem Muttertier zusammen bestatteten, also definitiv noch ungeborenen Tiere 107F und 176F sind farblich abgesetzt dargestellt. Tier 176F ordnet sich dennoch größtenteils rechts der senkrechten Linie, die die Geburt markiert, ein, wird also mit dieser Methode etwas zu alt eingeschätzt. Dabei ist zu beachten, dass die Trächtigkeitsdauer natürlicherweise variiert und hier mit genau 22 Wochen, also 154 Tagen, stark vereinfacht dargestellt wird. Pöllath u. a. (2021) geben einen guten Überblick über die verschiedenen Angaben der Trächtigkeitsdauer beim Schaf, die für verschiedene Rassen und Typen von 136 bis zu 210 Tagen reichen. Es ist also möglich, dass die übliche Trächtigkeitsdauer der Schafe aus Syene etwas länger als 22 Wochen war. Außerdem gilt zu bedenken, dass Einlinge

#### 4. Ergebnisse

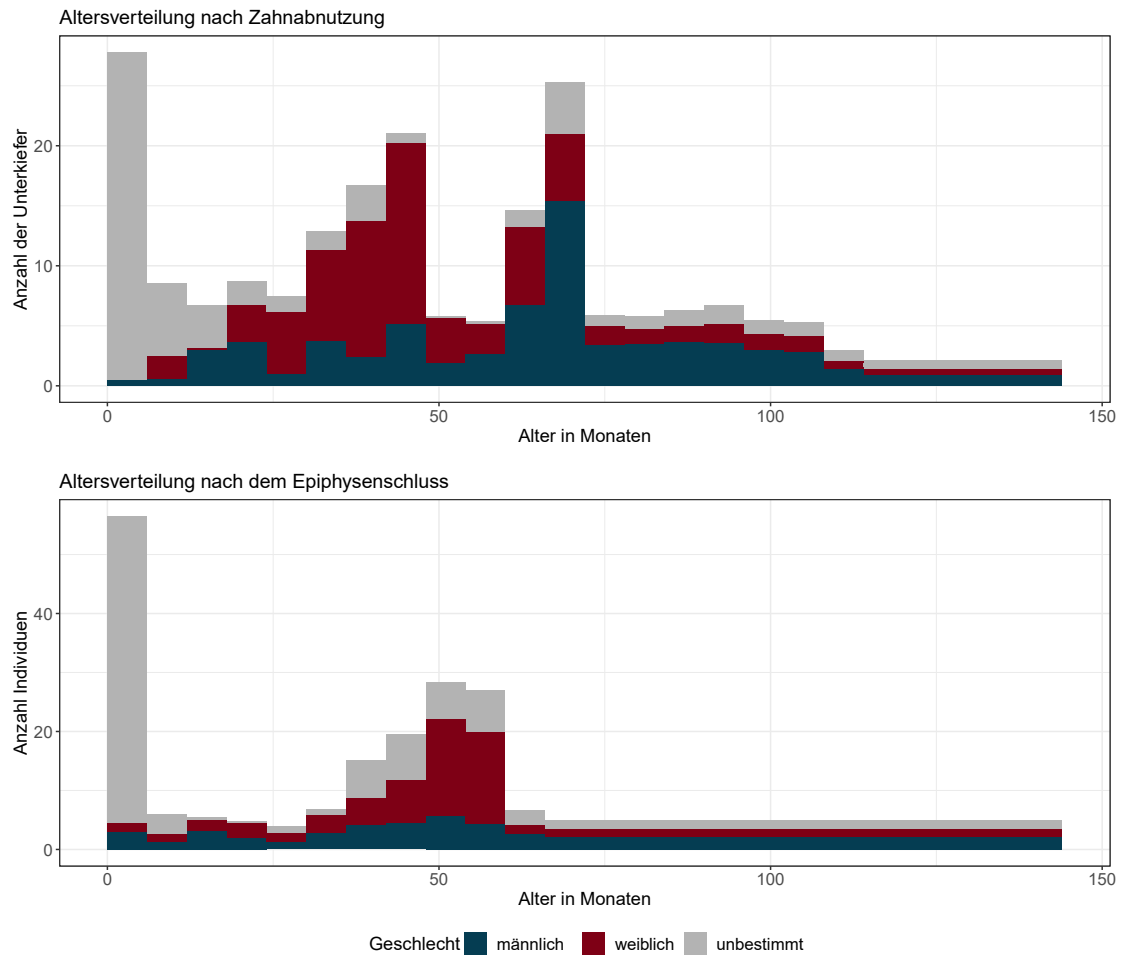


Abbildung 4.9.: Altersverteilung der Schafe nach Zahnstatus (212 Unterkiefer von 115 Individuen, davon 38 männlich, 40 weiblich und 37 unbestimmt) und nach dem Epiphysenstatus (246 Individuen, davon 64 männlich, 75 weiblich und 107 unbestimmt, letztere enthalten 11 mit Muttertier bestattete Feten). Abbildung der Altersspannen mittels Aoristischer Summen (siehe 2.2.2.4).

#### 4. Ergebnisse

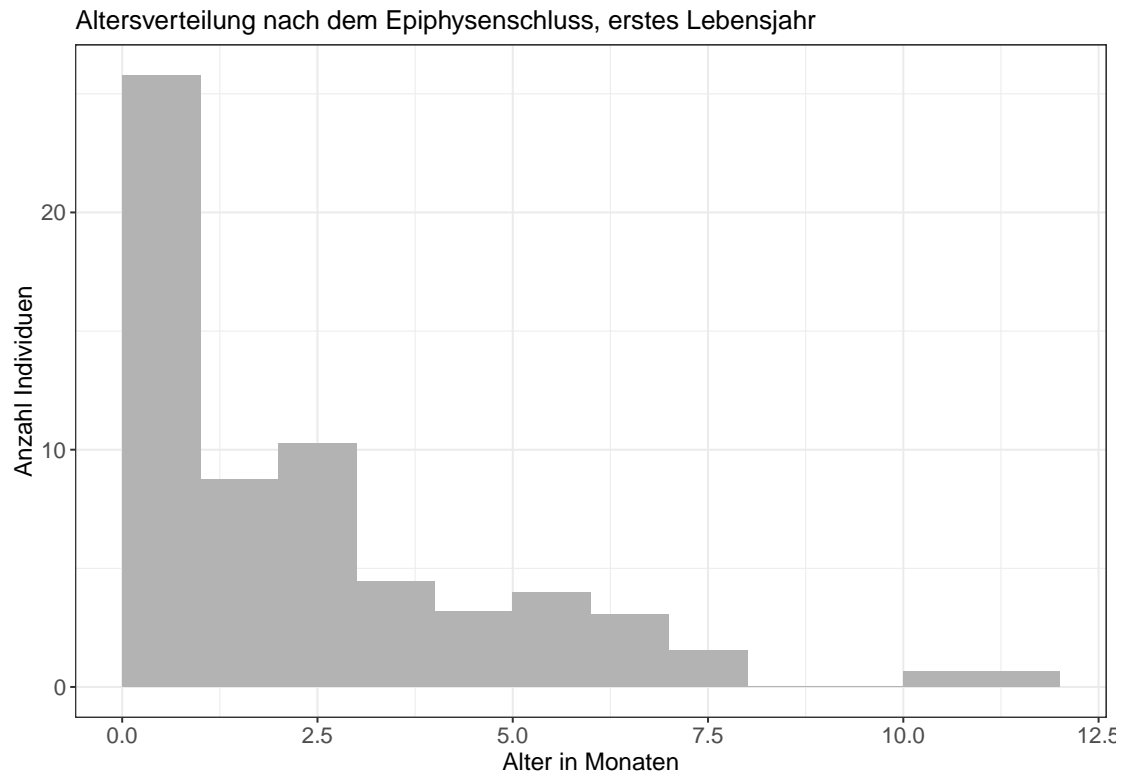


Abbildung 4.10.: Altersverteilung der Schafe im ersten Lebensjahr nach dem Epiphysenalter ( $n=66$ , darunter 11 mit Muttertier bestattete Feten) nach Habermehl (1975). Auf eine Aufschlüsselung nach Geschlechtern wurde hier gänzlich verzichtet, da bei den sehr jungen Tieren ohnehin sehr selten das Geschlecht bestimmt werden konnte. Abbildung der Altersspannen mittels Aoristischer Summen (siehe 2.2.2.4).

#### 4. Ergebnisse

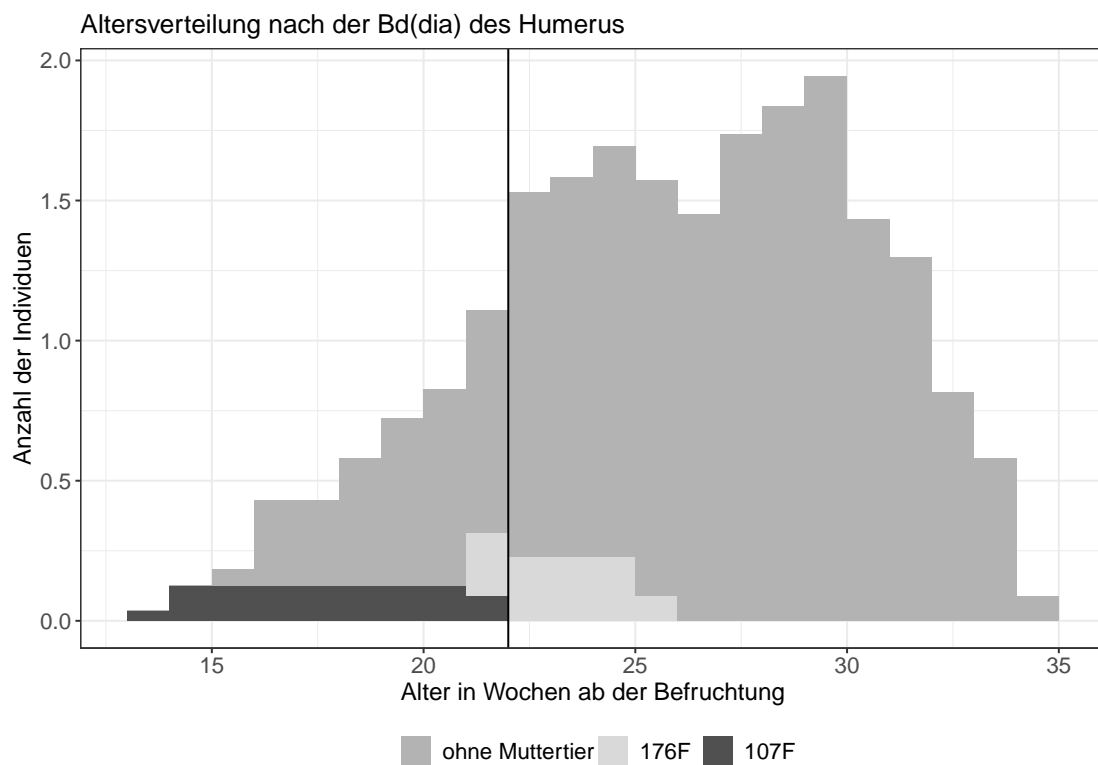


Abbildung 4.11.: Altersverteilung der Schafe (n=22) nach der Diaphysenbreite des distalen Humerus (nach Pöllath u. a. 2021). Das Alter wird in Wochen ab der Befruchtung angegeben, die Geburt wird nach 22 Wochen angenommen (Pöllath u. a. 2021; schwarze senkrechte Linie). Die zusammen mit dem Muttertier bestatteten ungeborenen Feten 107F und 176F sind farblich abgesetzt dargestellt. Die restlichen 9 mit Muttertier bestatteten Feten können mit dieser Methode nicht untersucht werden, da der distale Humerus nicht messbar ist. Abbildung der Altersspannen mittels Aoristischer Summen (siehe 2.2.2.4).

#### 4. Ergebnisse

im Durchschnitt größer geboren werden als Zwillinge (Hancock u. a. 2012), was bei einer maßbasierten Altersbestimmung zu einer Verfälschung der Ergebnisse führen kann. Bei Tier 176F handelt es sich mit großer Wahrscheinlichkeit um einen Einling. Das fetale Skelett wurde sehr sorgfältig und vollständig geborgen und es lag kein Skelettelement doppelt vor. Aufgrund des deformierten Beckens des Muttertiers 176M (siehe Abschnitt 4.3.4) kann auch nahezu ausgeschlossen werden, dass ein Zwilling bereits vor dem Tod des Muttertiers geboren worden war. Zudem wurde bei keinem anderen trächtigen Schaf dieses Materials ein Hinweis auf eine Zwillingsträchtigkeit gefunden. Es ist somit wahrscheinlich, dass Einlingsgeburten in dieser Population die Regel waren und entsprechend ist damit zu rechnen, dass das Alter von Feten und Neugeborenen aufgrund ihrer Größe eher über- als unterschätzt wird.

Die Altersverteilung in Abbildung 4.11 zeigt zwei Häufungen. Die erste ist gegenüber dem während der Geburt verstorbenen Tier 176F (siehe Abschnitt 4.3.4) leicht nach rechts versetzt. Demnach handelt es sich vermutlich um Tiere, die während der Geburt oder in den ersten Lebenstagen verstarben. Nach Bostedt u. Dedié (1996, 558 f.) entfallen 80% der Lämmerverluste auf die Geburt und die ersten 72 Lebensstunden. Die erste Häufung in der Altersverteilung könnte diesen Todesfällen entsprechen.

Ursächlich sind vor allem Sauerstoffmangel infolge verlängerter Geburt, neonatale Atemdepression, intrauterin, intrapartal oder unmittelbar post natum erworbene Infektionen, sowie der sogenannte Hypoglykämie-Hypothermie-Komplex (Bostedt u. Dedié 1996, 558 ff.). Diese Problematiken stehen teilweise in kausalem Zusammenhang. So entsteht die Frühform der neonatalen Atemdepression (Frühasphyxie) vor allem nach verlängerten Geburten, während derer das Lamm schlecht mit Sauerstoff versorgt wird. In der Folge schaltet der Körper in einen Sauerstoffsparmodus, wodurch eine metabolische Azidose entsteht, die nur durch ausreichende Abatmung von CO<sub>2</sub> bekämpft werden kann. Findet dies aufgrund der Atemdepression nicht statt, stirbt das Lamm. In diese Problematik können alle Faktoren münden, die den Geburtsvorgang von maternaler oder fetaler Seite verlängern, wie z.B. allgemeine Schwäche des Muttertiers mit folgender Wehenschwäche, fetopelvines Missverhältnis oder fetale Lage-, Stellungs- und Haltungsanomalien. Die Spätform der neonatalen Atemdepression (Spätasphyxie) entsteht bei unreif geborenen Lämmern innerhalb der ersten Lebensstunde. Im Zentrum des Geschehens steht hier eine respiratorische Azidose durch eine gestörte CO<sub>2</sub> Abatmung infolge fehlender Lungenreife. Die häufigsten Infektionen, die in den ersten Lebenstagen auftreten und zum Tod führen können, sind dem neonatalen Diarrhoe-Komplex zuzuordnen. Am kürzesten ist die Inkubationszeit bei *Clostridium perfringens* Typ B, enteropathogenen *Escherichia coli*-Stämmen und Rotaviren, sodass sich Infektionen mit diesen Erregern bereits am ersten Lebenstag klinisch manifestieren können (Bostedt u. Dedié 1996, 578 f.). Dies geschieht vor allem dann, wenn das Lamm nicht ausreichend Kolostrum zu sich nimmt oder aber die Immunglobulinkonzentration des Kolostrums nicht ausreicht. Eine allgemeine Schwäche des Muttertiers und/oder des Jungtiers wirken hier entsprechend prädisponierend. Viele Faktoren können letztendlich zum Hypoglykämie-Hypothermie-Komplex führen, bei dem es sich um einen Symptomenkomplex vielfältiger Ursache handelt. Infolge mangelnder Milchaufnahme kommt es zum Energiemangel, die Körpertemperatur kann nicht mehr aufrechterhalten werden. Eine nasskalte Witterung

#### 4. Ergebnisse

wirkt sich zusätzlich negativ aus (Bostedt u. Dedié 1996, 572 ff.). Sind die Tiere zu schwach zum Trinken, können sie diesen Teufelskreis nicht aus eigener Kraft durchbrechen und verenden.

Die genannten Problematiken können auch in geringgradiger Ausprägung auftreten und sind dann nicht zwangsläufig unmittelbar tödlich. Die betroffenen Lämmer sind aber häufig schwächer als ihre Altersgenossen, entwickeln sich langsamer und sind anfälliger für Infektionskrankheiten. Diese „Kümmerer“ leiden häufig an Durchfall, der meist als sogenannte „Faktorenkrankheit“ auftritt, also von verschiedenen Krankheitserregern verursacht und durch weitere endo- wie exogene Faktoren begünstigt wird. Auf die oben genannten Erreger können in den ersten Lebensstagen Salmonellen, *Listeria monocytogenes*, Coronaviren und Kryptosporidien, nach zwei bis vier Wochen auch Kokzidien folgen (Bostedt u. Dedié 1996, 315 ff., 579). All diese Erreger werden von erkrankten Tieren in großer Zahl über den Kot ausgeschieden, sodass unter beengten Haltungsbedingungen meist viele Tiere erkranken und einige, besonders die schwächsten, auch verenden. Möglicherweise geht die zweite Häufung in der Altersverteilung (Abb. 4.11) überwiegend auf dieses Phänomen zurück.

Insgesamt wird die heutige Lämmersterblichkeit weltweit mit 12 bis 20% (Bostedt u. Dedié 1996, 558) angegeben, Scott (2015, 77) berichtet Werte von 7 bis 15% für Großbritannien, 15 bis 20% für Neuseeland und 10 bis 35% für die USA. Diese Werte machen deutlich, dass trotz Muttertierimpfungen, Antibiotika und moderner Geburtshilfe einschließlich Kaiserschnitt das Verenden einiger Jungtiere in jeder Schafherde ein normales Geschehen darstellt. Erst recht muss dies für das Alte Ägypten angenommen werden, wo zwar geburtshilfliche Intervention zumindest für das Rind in Form bildlicher Darstellungen nachgewiesen ist (von den Driesch u. Peters 2003, 16), viele andere medizinische Möglichkeiten, insbesondere chemotherapeutischer Natur, aber fehlen.

Nach der ersten Häufung im ersten halben Lebensjahr, fällt in der Altersverteilung der Gesamtpopulation (Abb. 4.9) ein Anstieg der Sterblichkeit weiblicher Tiere im mittleren Alter auf. Der genaue Zeitraum dieses Anstiegs unterscheidet sich nach der Altersbestimmungsmethode. Während er nach dem Zahnalter im 3. und 4. Lebensjahr stattfindet, zeigt er sich nach dem Epiphysenalter hauptsächlich im 5. Lebensjahr. Eine mögliche Erklärung für dieses Phänomen liegt in der Tatsache, dass die Zähne weiblicher Schafe sich langsamer abnutzen als die ihrer männlichen Artgenossen, während gleichzeitig ihre Epiphysenfugen früher schließen (Popkin u. a. 2012, Worley u. a. 2016). Nachdem die Zahnaltersbestimmung hier auf der durchschnittlichen Zahnabnutzungsgeschwindigkeit der Gesamtpopulation beruht und für den Epiphysenfugenschluss ebenfalls Durchschnittswerte für beide Geschlechter verwendet werden, ist folglich damit zu rechnen, dass weibliche Schafe nach dem Zahnalter als zu jung und nach dem Epiphysenalter als zu alt eingeschätzt werden. Diese Diskrepanz zeigt sich in Abbildung 4.9. Somit kann, die Ergebnisse beider Methoden berücksichtigend, das Maximum der Altersverteilung weiblicher Schafe ca. bei einem Alter von 4 Jahren angenommen werden. Die Altersverteilung der männlichen Tiere hingegen zeigt in diesem Alter nach keiner der beiden Methoden einen Anstieg.

Diese geschlechterspezifische Häufung von Todesfällen lässt sich am ehesten durch die Fortpflanzung erklären. Während diese für die Widder kaum eine Gefährdung bedeutet,



#### 4. Ergebnisse

sind die Mutterschafe während Trächtigkeit, Geburt und Laktation vielfältigen gesundheitlichen Risiken ausgesetzt. Die fortpflanzungsassoziierte Belastung bringt den mütterlichen Organismus in die Nähe seiner Leistungsgrenze, sodass durch zusätzliche gesundheitliche Probleme jeder Art diese Leistungsgrenze überschritten werden kann (Bostedt u. Dedié 1996, 133). Wie in Abschnitt 4.3.5.3 näher ausgeführt, spielten Mangelerkrankungen bei den Schafen dieses Materials höchstwahrscheinlich eine nennenswerte Rolle. Von den am Skelett sichtbaren Mangelerkrankungen waren zwar weibliche Tiere nicht signifikant häufiger betroffen als männliche. Jedoch ist davon auszugehen, dass letztere, die nicht durch Trächtigkeit oder Laktation zusätzlich belastet waren, Engpässe und damit einhergehende Mangelerkrankungen besser bewältigen konnten. Es gilt zusätzlich zu bedenken, dass die wenigsten Mangelerkrankungen überhaupt am Skelett sichtbar sind.

Eine relativ häufige Mangelerkrankung in Zusammenhang mit Geburt und Laktation ist die Gebärpause. Es handelt sich um einen akuten Kalziummangelzustand, der zu einer Lähmung führt. Während Ziegen eher nach der Geburt mit Beginn der Laktation erkranken, sind Schafe häufiger in der Hochträchtigkeit betroffen (Bostedt u. Dedié 1996, 140). Ohne Behandlung verfallen die betroffenen Tiere nach vorherigem Festliegen in einen komatösen Zustand und versterben (Bostedt u. Dedié 1996, 142).

Die Geburt selbst ist für Muttertiere und Feten gleichermaßen eine riskante Phase. Ist das Lamm im Verhältnis zum mütterlichen Becken zu groß oder weist Lage-, Stellungs- oder Haltungsanomalien auf, so kann es meist ohne geburtshilfliche Intervention nicht geboren werden. Von mütterlicher Seite können Anomalien im knöchernen oder weichen Geburtsweg, Wehenschwäche oder eine mangelhafte Öffnung bzw. Weite der Zervix die Geburt behindern (Bostedt u. Dedié 1996, 522). Bei fehlendem Geburtsfortschritt sistiert früher oder später die Wehentätigkeit infolge Erschöpfung des Muttertiers. Man spricht von einer übergangenen Geburt (Bostedt u. Dedié 1996, 522, 527). In der Folge kommt es zu Infektionen des Geburtswegs und durch Septikämie bzw. Toxämie auch zum Tod.

Die letzte Phase der Fortpflanzung, die Laktation, birgt hauptsächlich das Risiko einer Mastitis. Nach Bostedt u. Dedié (1996, 443) erkranken je nach Haltungsbedingungen zwischen 4 und 40% der Mutterschafe während der Laktation an einer akuten Euterentzündung, die je nach Erreger ohne Behandlung häufig zum Tod führt.

Die letzte Häufung in der Altersverteilung betrifft Tiere im sechsten Lebensjahr. Hier überwiegen die männlichen Tiere leicht, jedoch vermutlich nur aufgrund der Tatsache, dass die meisten weiblichen Tiere infolge der genannten fortpflanzungsassoziierten Risiken bereits in geringerem Alter starben. Wie in Abschnitt 4.3.5.2 näher ausgeführt, sind entzündliche Erkrankungen des Zahnhalteapparats ein häufiger Befund bei den Schafskeletten dieses Fundguts. Häufig sind die betroffenen Zähne bereits sehr stark abgenutzt, obwohl die Wachstumslinien der Wirbelepiphyphen noch sichtbar sind, was auf eine erst kurz vor dem Tod erfolgte Verwachsung schließen lässt. Die Wirbelepiphyphen schließen laut Habermehl (1975, 121) im fünften Lebensjahr, was die Einordnung der genannten Tiere in das sechste Lebensjahr bestätigt. In vielen Fällen sind die Befunde am Gebiss so gravierend, dass sie als Todesursache durchaus in Betracht kommen. Abgesehen davon, dass eitrige Entzündungen immer die Gefahr einer Septikämie bergen, war die Fähigkeit zur Nahrungszerkleinerung in manchen Fällen rein mechanisch nicht mehr gegeben, da die Zähne nur noch lose im Kiefer saßen oder überhaupt nicht mehr vorhanden waren,

#### 4. Ergebnisse

von der Schmerzhaftigkeit eines solchen Zustandes ganz zu schweigen (siehe Tier 315, Abb. 4.24). Laut Scott (2015, 105) sind stark abgenutzte Backenzähne einer der häufigsten Gründe für Gewichtsverlust und Abmagerung bei älteren Schafen. Es ist somit sehr wahrscheinlich, dass solche Zustände bei den Schafen dieses Fundguts eine häufige Todesursache darstellten, auch wenn sich dies im Einzelfall nicht beweisen lässt.

Daher wird die Häufung im sechsten Lebensjahr der mangelhaften Futteraufnahme zugeordnet, die im Zusammenhang mit der extrem schnellen Zahnabnutzung und den daraus resultierenden Zahnproblemen dieser Schafe stehen. Danach kehrt die Sterblichkeit auf ein moderates Niveau zurück und bewegt sich dort bis zu einem Alter von 9,5 Jahren. Die späteren Balken des Histogramms sind alle exakt gleich hoch, was dafür spricht, dass es sich um methodisch bedingte Artefakte durch sehr große Altersintervalle handelt (siehe 2.2.2.4). Mit anderen Worten ist davon auszugehen, dass kaum ein Schaf des hier beschriebenen Fundguts älter als 9,5 Jahre geworden ist.

Nun mag man sich fragen, wie doch einige Tiere dieses Alter erreichen konnten, wenn viele bereits im sechsten Lebensjahr aufgrund ihrer stark abgenutzten Zähne starben. Dies könnte in der Tatsache begründet liegen, dass bestimmte Tiere für Zahnprobleme prädisponiert sind und andere nicht. Ein wichtiger Faktor ist sicherlich die Regelmäßigkeit der Zahnabnutzung. Die Summe der Zahnsubstanz nimmt während der Lebenszeit der Schafe ab. Reiben sich alle Zähne gleichmäßig ab, so dauert es verhältnismäßig lange, bis alle Zähne bis zu den Wurzeln abgenutzt sind und es zu Problemen kommt. Dies dürfte in der hier untersuchten Population durchschnittlich nach acht bis neun Jahren der Fall gewesen sein. Kommt es allerdings zu einer Unregelmäßigkeit und ein Zahn nutzt sich stärker oder schwächer ab als andere, zum Beispiel, weil ein möglicherweise harmloser, aber schmerzhafter Zustand dazu führt, dass das Tier über eine gewisse Zeit hinweg unregelmäßige Kaubewegungen durchführt, so verstärkt sich dieser Zustand fast zwangsläufig mit der Zeit. In einer Population mit sehr schneller Zahnabnutzung, wie der hier beschriebenen, ist dafür ein verhältnismäßig kurzer Zeitraum ausreichend. Besonders, wenn ein sogenanntes Wellen- oder Stufengebiss entsteht, können Ober- und Unterkiefer nicht mehr ungehindert übereinander gleiten. Ihre Bewegung gegeneinander ist stark eingeschränkt und Reibung und damit Abrieb finden immer nur noch an denselben Stellen statt. Somit sind einige Zähne weit vor anderen am natürlichen Ende ihrer Lebensdauer angelangt. An dieser Stelle kann es zu vielfältigen pathologischen Zuständen kommen, die unter 4.3.5.2 näher beschrieben sind. Es kommt also nicht nur auf die Menge der verbleibenden Zahnsubstanz an, sondern vor allem auf deren Verteilung. So kann es bereits zu zahnbedingten Todesfällen kommen, obwohl an Teilen des Gebisses noch eine nennenswerte Menge von Zahnsubstanz vorhanden ist. Dies scheint bei den Schafen des Tierfriedhofs nicht selten bereits im sechsten Lebensjahr der Fall gewesen zu sein. Umgekehrt wurden auch Individuen beobachtet, deren Zähne fast vollständig abgenutzt, aber dennoch fest in den Alveolen verankert waren und lediglich geringfügige Entzündungserscheinungen zeigten. Solche Tiere scheinen ein höheres Alter erreicht zu haben, vermutlich um die 9 Jahre.

Analog zu dem für menschliche Risikogruppen im Bereich der Lebensmittelsicherheit üblichen Begriff „YOPI“ (young, old, pregnant, immunocompromised) können die Häufungen in der Altersverteilung der Schafe somit den Tiergruppen zugeordnet werden,

#### 4. Ergebnisse

deren gesundheitliches Risiko statistisch gesehen erhöht ist. Dabei können sich immunsupprimierte Tiere prinzipiell in jeder Altersgruppe verbergen, sind aber in den drei zuvor genannten Gruppen durchschnittlich häufiger zu finden. Jungtiere können bei mangelhafter Kolostrumaufnahme oder -qualität immunsupprimiert sein, trächtige oder laktierende Mutterschafe neigen aufgrund ihres erhöhten Bedarfs zu Mangelercheinungen, die sich ebenfalls auf ihr Immunsystem auswirken und alte Tiere magern aufgrund mangelhafter Nahrungsaufnahme und -verwertung ab, was ebenso zu einer Beeinträchtigung des Immunsystems führt.

Aus der Altersverteilung kann folglich geschlossen werden, dass es sich bei den bestatteten Schafen um verendete Tiere handelt.

##### 4.3.3. Geschlechterverteilung der Schafe

Die Geschlechterverteilung (Abb. 4.12) der Schafe ist nahezu ausgewogen, die weiblichen Tiere sind lediglich leicht in der Überzahl. In der Schafhaltung ist ein solches Geschlechterverhältnis sehr unüblich, da die ausgewachsenen Widder in Anwesenheit weiblicher Schafe kaum Konkurrenz dulden und sich heftig bekämpfen, wie bereits der römische Landwirtschaftsautor Columella feststellte (Peters 1998, 76).

Nachdem davon ausgegangen werden muss, dass die bestatteten Tiere auch im nicht allzu großen Areal des Tierfriedhofs gelebt haben (siehe Kapitel 1), stellt sich zwangsläufig die Frage, ob sich unter den männlichen Schafen auch kastrierte Tiere befanden, die sich aufgrund ihres friedlichen Charakters für die Gruppenhaltung weitaus besser eignen (Rieder 2017, 65). Zwar sprechen die Pathologien (siehe Abschnitt 4.3.5.8) dafür, dass es zu durchaus heftigen Auseinandersetzungen unter den Schafen gekommen ist. Allerdings muss auch davon ausgegangen werden, dass dies den betreuenden Personen auffiel und es liegt der Gedanke nahe, dass Versuche unternommen wurden, dies einzudämmen. Den Großteil der männlichen Tiere zu schlachten wäre eine naheliegende Strategie, die aber offensichtlich nicht umgesetzt wurde, wie die große Anzahl adulter Widder belegt. Eine andere mögliche Strategie wäre die Kastration der männlichen Tiere, die nicht zur Zucht bestimmt waren. Dass die alten Ägypter Rinder kastrierten, ist zwar nicht schriftlich belegt und es existieren auch keine Darstellungen der Durchführung der Kastration (von den Driesch u. Peters 2003, 15). Allerdings zeigen Abbildungen eindeutig das Ergebnis solcher Eingriffe, nämlich fette Ochsen ohne Hoden, wie auf einem Relief am Tempel des Ramses II in Luxor (von den Driesch u. Peters 2003, Abb. 1-22). Die Kastration gilt damit für Rinder als nachgewiesen, über andere Tierarten ist in diesem Zusammenhang nichts bekannt. Ein weiterer Vorteil der Kastration wäre die feinere Wolle der kastrierten Tiere (Clutton-Brock u. a. 1990, 9; Peters 1998, 76).

Bei sieben männlichen Schafen des hier beschriebenen Fundguts zeigt das knöcherne Becken eine Annäherung an die Beckenform weiblicher Tiere, die laut Boessneck u. a. (1964, 90) einen Hinweis auf eine mögliche Kastration darstellt. Zwei der Tiere besaßen zusätzlich sehr dünnwandige oder kurze Hornzapfen (Stummelhörner), eines war hornlos. Bei drei Tieren fehlte der Schädel, nur eines hatte für ein männliches Schaf normal ausgeprägte Hornzapfen. Bei zwei der Tiere fiel auf, dass die spätsynostierenden Epiphysen der Röhrenknochen und die Wirbelepiphyen gleichzeitig im Verwachsen waren, was auf

#### 4. Ergebnisse

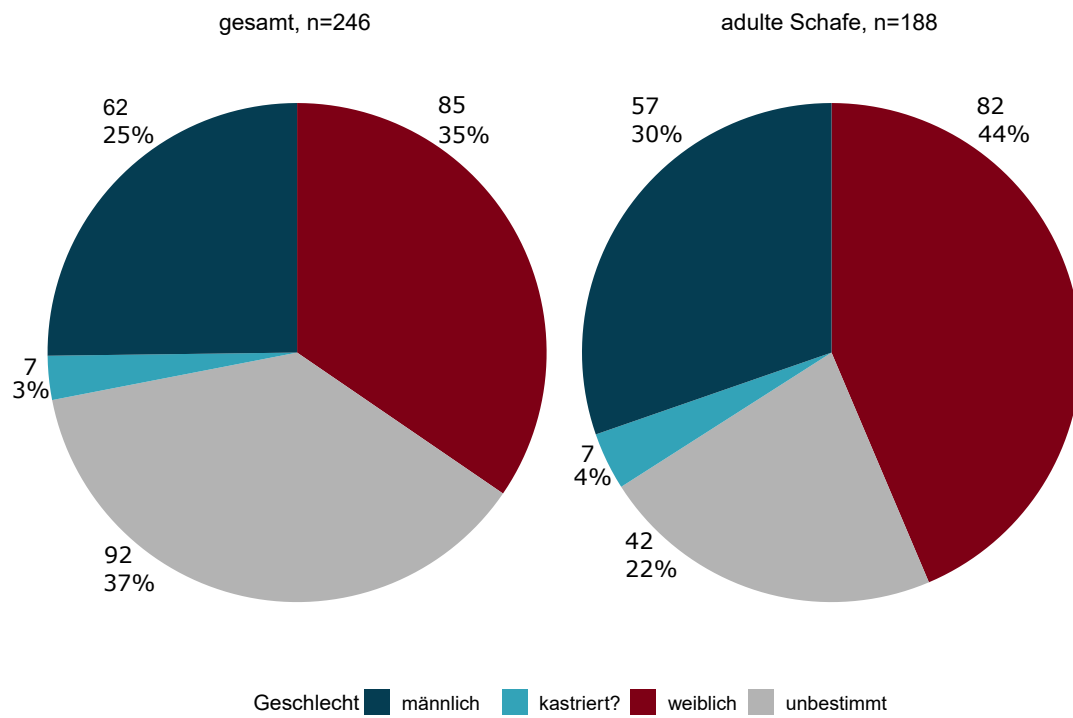


Abbildung 4.12.: Geschlechterverteilung aller Schafe (n=246) und der adulten Schafe (n=188).

#### 4. Ergebnisse

einen verlangsamten Epiphysenfugenschluss hindeutet (siehe auch Abschnitt 4.3.5.7). Die Epiphysen verwachsen bei kastrierten Schafen erwiesenermaßen später (z.B. Popkin u. a. 2012), wodurch das Längenwachstum später endet. Daher wird oft behauptet, dass Kastrate lange und schlanke Gliedmaßenknochen besitzen, im Gegensatz zu unkastrierten männlichen Tieren mit langen, stämmigen und weiblichen Tieren mit kurzen, schlanken Gliedmaßenknochen (Davis 2000).

Während Abbildung 4.13 den Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Tieren grundsätzlich bestätigt, unterscheiden sich die mutmaßlich kastrierten Tiere nicht in der vermuteten Weise von den unkastrierten. Popkin u. a. (2012) fanden heraus, dass sich eine Kastration nicht auf alle Skelettelemente gleichermaßen auswirkt. Die stärksten Proportionsunterschiede stellten sie an Radius, Metacarpus und Tibia fest, deren Proportionen für die Schafe des Tierfriedhofs in Abbildung 4.14 dargestellt sind. Die mutmaßlichen Kastrate unterscheiden sich jedoch auch hier nicht in nachvollziehbarer Weise von den anderen männlichen Tieren. Es muss allerdings betont werden, dass auch der Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Tieren zwar im Mittel vorhanden und auch sichtbar ist, allerdings aufgrund des großen Überschneidungsbereichs in den seltensten Fällen ausreicht, um einzelne Tiere nur anhand der Maße einem bestimmten Geschlecht zuzuordnen. Daher kann es nicht verwundern, dass Maßanalysen an Langknochen sich ebenso wenig eignen, um bestimmte Tiere als kastriert auszuweisen.

Nach Popkin u. a. (2012) eignen sich zwei Maße an den Hüftknochen am besten, um die Existenz von kastrierten Schafen nachzuweisen, die Tiefe des Acetabulums (MRDA = Depth of the medial rim of the acetabulum) und der kleinste Durchmesser des Os Pubis (SDpu = Minimum diameter of the pubis shaft). Für das hier beschriebene Fundgut erlauben diese Maße tatsächlich eine Auftrennung der männlichen und weiblichen Tiere (Abb. 4.15). Die morphologische Zwischenstellung, die an den Hüftknochen der mutmaßlich kastrierten Tiere wahrgenommen wurde, schlägt sich jedoch nur bei drei Tieren in diesen Maßen nieder (darunter zwei mit identischen Maßen, Datenpunkte überlagert). Die anderen drei finden sich eindeutig im männlichen Bereich. Dies bestätigt den bei der morphologischen Beurteilung entstandenen Eindruck, dass die Übergänge zwischen kastrierten und nicht kastrierten Tieren fließend sind. In diesem Zusammenhang ist auch von Bedeutung, dass die Auswirkungen einer Kastration umso deutlicher sind, je früher das Tier kastriert wurde (Popkin u. a. 2012). Spät kastrierte Hammel unterscheiden sich demzufolge kaum von intakten Widdern und bei unterschiedlichen Kastrationszeitpunkten ist entsprechend mit fließenden Übergängen der Merkmalsausprägung zu rechnen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Fundgut Indizien für die Präsenz von Hammeln aufweist. Es ist allerdings vollkommen unklar, in welchem Rahmen sich ihr zahlenmäßiger Anteil bewegt. Spät kastrierte Hammel könnten unter den als männlich bestimmten Tieren unentdeckt geblieben sein. Außerdem konnte eine nennenswerte Zahl adulter Schafskelette (n=42) aufgrund fehlender Hüftknochen und Schädel keinem Geschlecht zugeordnet werden. Auch hierunter könnten sich Hammel befinden. Unter dem Aspekt der Gruppenhaltung erscheint es denkbar, dass sogar ein nennenswerter Anteil der männlichen Tiere kastriert war.

#### 4. Ergebnisse



Abbildung 4.13.: Mittlerer *LSI* der Diaphysenbreiten der Langknochen gegen mittlere Widerristhöhe (anhand eigener Faktoren, siehe Abschn. 4.3.1), für alle Röhrenknochen.  $n=118$ , 51 männlich (davon 7 evtl. kastriert), 67 weiblich.

#### 4. Ergebnisse

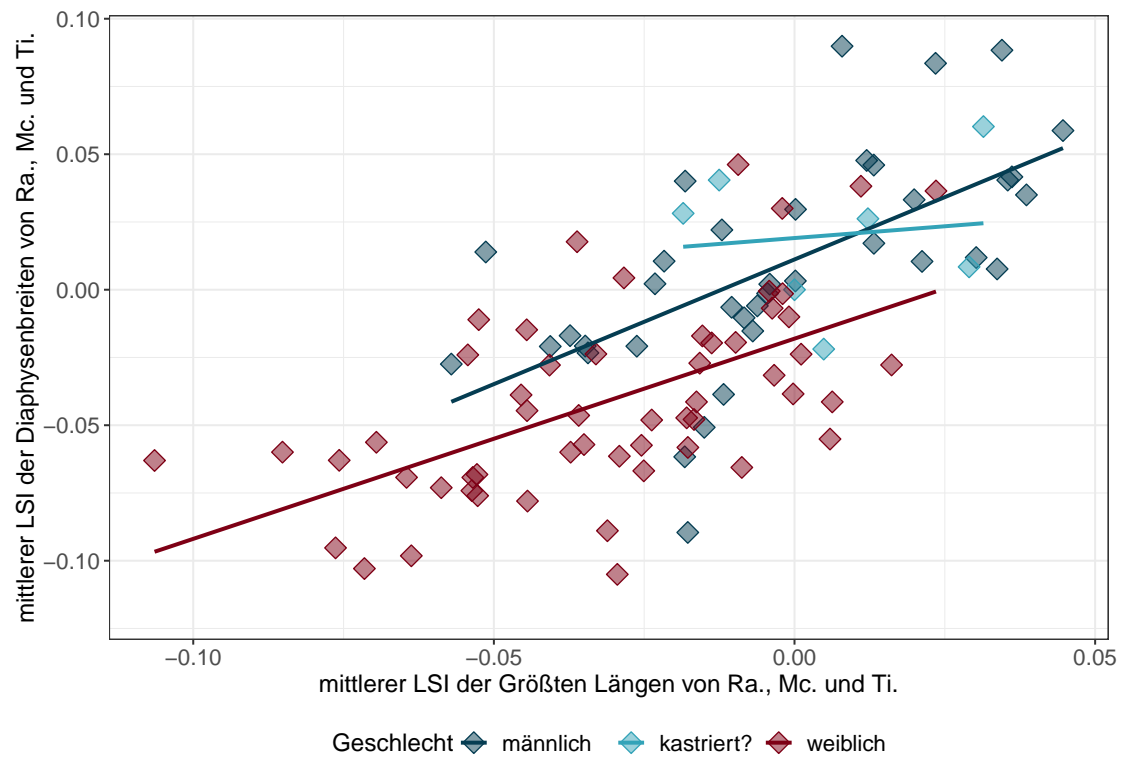


Abbildung 4.14.: Mittlerer *LSI* der Größten Längen und der Diaphysenbreiten für Radius, Metacarpus und Tibia.  $n=99$ , 44 männlich (davon 7 evtl. kastriert), 55 weiblich.

#### 4. Ergebnisse

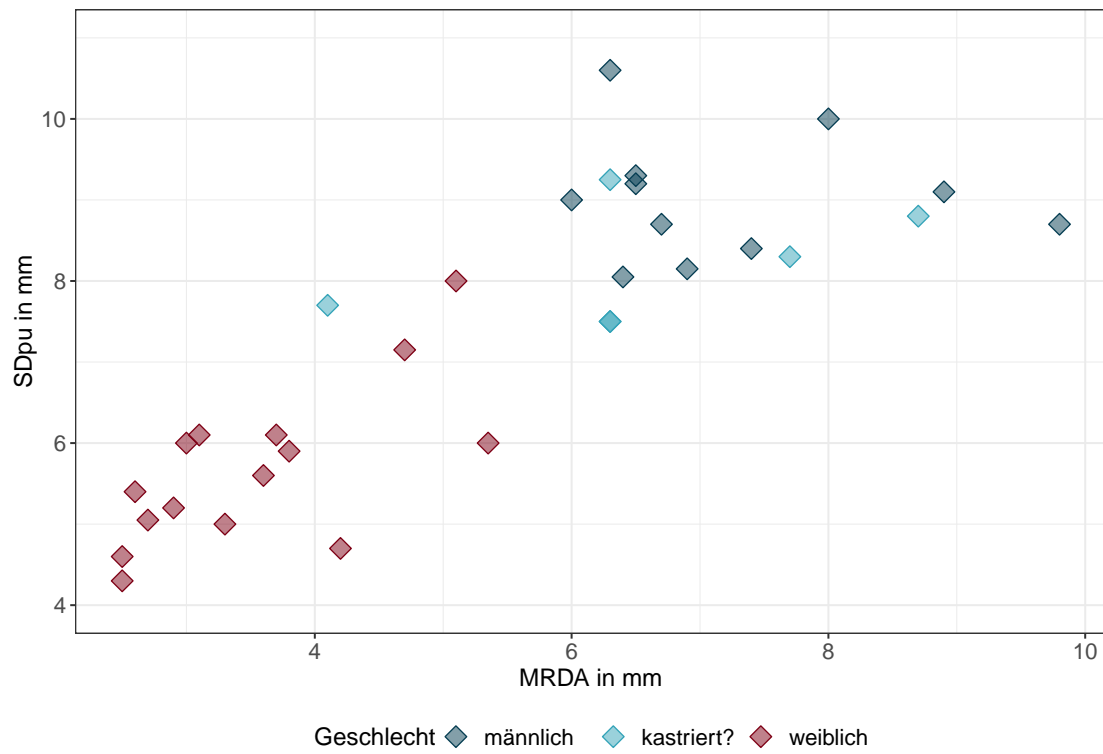


Abbildung 4.15.: Tiefe des Acetabulums (MRDA) und kleinster Durchmesser des Os Pubis (SDpu) bei 15 weiblichen und 17 männlichen, davon 6 mutmaßlich kastrierten Schafen.



### 4.3.4. Fortpflanzung der Schafe

Von den bestatteten weiblichen Schafen wurden 11 als trächtig eingestuft, was eindeutig eine Fortpflanzungsaktivität in der beschriebenen Population belegt. Als Kriterium dienten fetale Knochen, die gemeinsam mit dem Skelett des Muttertiers geborgen worden waren. Wie bereits erläutert (Abschnitt 2.1.1), fanden sich bei den Skeletten häufig zusätzliche Knochen, die entweder von einer anderen, gestörten Bestattung stammen oder als Speisereste zu interpretieren sind. Daher wurden weibliche Schafe nur dann als trächtig bezeichnet, wenn mehrere fetale Knochen vorlagen, die in Erhaltungszustand, Farbe und Reifegrad übereinstimmten und somit als fetales Teilskelett interpretiert werden können. Dennoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei einzelnen Tieren fälschlicherweise eine Trächtigkeit diagnostiziert wurde.

Deutlich häufiger jedoch dürfte eine Trächtigkeit unerkannt geblieben sein, da die fetalen Knochen aufgrund ihrer Porosität im Boden schneller abgebaut und aufgrund ihrer geringen Größe häufiger bei der Grabung übersehen werden. Dieser Effekt verstärkt sich, je früher während der Gravidität das Muttertier stirbt. Somit ist besonders bei frühen Trächtigkeiten mit einer erheblichen Dunkelziffer zu rechnen.

Über jeden Zweifel erhaben ist eine Trächtigkeitsdiagnose nur in jenen Fällen, in denen die photographische Grabungsdokumentation mehrere fetale Knochen *in situ* zeigt. Abbildung 4.16 zeigt zwei solche Fälle. Das maternale Skelett ist jeweils in schwarz nachgezeichnet, das fetale in orange. Zusätzlich wurde versucht, den Umriss des Fetus in rot zu rekonstruieren.

Bei Tier 176 (oben) zeigt sich eine physiologische Geburtssituation, bei der der Kopf und zumindest ein Vorderbein bereits in den Geburtskanal eingetreten sind (Jackson 2007, 139). Die Knochen des untenliegenden Vorderbeins sind auf der Photographie nicht sichtbar, somit kann eine einseitige Karpal- oder Schultergelenksbeugehaltung nicht ausgeschlossen werden, die bezüglich des Geburtsvorgangs als pathologisch einzustufen wären und zusammen ca. 16% der Lage-, Stellungs- und Haltungsanomalien beim Schaf ausmachen (Jackson 2007, 127). Die Untersuchung des maternalen Skeletts liefert allerdings eine plausiblere Erklärung für die Geburtsstörung. Durch ein verheiltes Trauma hatte sich die Beckensymphyse unter Verkürzung des rechten Schambeins nach rechts verschoben. Obwohl das Becken nicht vollständig vorliegt und somit die Situation nur teilweise beurteilt werden kann, ist es durchaus wahrscheinlich, dass die Verformung sich auf den Durchmesser des Geburtskanals negativ ausgewirkt hat. Diese Veränderung erscheint somit als wahrscheinlichste Ursache dafür, dass die Geburt sistierte und infolgedessen das Jungtier und seine Mutter starben.

Methodisch bietet diese Tierbestattung einzigartige Möglichkeiten, da das Lebensalter des Fetus 176F eindeutig auf den Geburtszeitpunkt bestimmt werden kann. Er diene daher als Testfall bei der Entwicklung einer neuartigen Methode zur Altersbestimmung anhand der Breite des distalen Humerus (Pöllath u. a. 2021, siehe Anhang F).

Bei Tier 20 (Abbildung 4.16 unten) zeigt sich ein anderes Bild. Hier befinden sich die fetalen Knochen ausnahmslos im Bauchraum des Muttertiers und die Position des Fetus deutet nicht auf eine unmittelbar bevorstehende Geburt hin. Selbst wenn der Fetus sich vor der Geburt nicht mehr gedreht hätte, hätte sich allem Anschein nach aus seiner

#### 4. Ergebnisse



Abbildung 4.16.: Rekonstruktion der fetalen Körperposition bei den Tierskeletten 176 (oben) und 20 (unten).



Abbildung 4.17.: Rehtes Hüftbein von Tier 176M mit verschobener Beckensymphyse und gestauchtem Schambein.

Position eine korrekte Hinterendlage entwickeln können. Diese kommt zwar deutlich seltener vor als die Vorderendlage (5% versus 95%), führt jedoch nicht zwangsläufig zu einer Schweregeburat (Jackson 2007, 127). Die Position des Fetus kann somit nicht als ursächlich für den Tod von Mutter- und Jungtier gesehen werden.

An anderer Stelle (Abschnitt 4.3.2) wurde dargelegt, dass die Sterblichkeit der weiblichen Schafe im vierten Lebensjahr bedeutend höher lag als die der männlichen Schafe in diesem Alter. Während nach dem Zahnalter 76% der weiblichen Schafe im Alter zwischen 2,5 und 4 Jahren starben, entfielen nur 28% der männlichen Schafe auf diese Altersgruppe (siehe auch Mutze u. a. 2021b, Abschnitt 3.3). Dabei ist zu beachten, dass diese Zahlen sich nur auf die Tiere beziehen, bei denen eine Geschlechtsbestimmung überhaupt möglich war. Ein nennenswerter Anteil der Tiere starb im ersten Lebensjahr, vor der Ausprägung geschlechtsspezifischer Merkmale. Dennoch belegen die Zahlen, dass bei den mittelalten Schafen ein bedeutender Unterschied in der Sterblichkeit männlicher und weiblicher Tiere vorliegt. Dies wurde auf fortpflanzungsassoziierte Problematiken zurückgeführt. Wie in Abschnitt 4.3.2 näher erläutert, sind die Mutterschafe während der Trächtigkeit, Geburt und Laktation vielfältigen gesundheitlichen Risiken ausgesetzt, weshalb es nicht weiter verwundert, dass ihre Sterblichkeit im mittleren Lebensalter höhere Werte annimmt als die ihrer männlichen Artgenossen.

Im Zusammenhang mit dem Fortpflanzungsgeschehen bietet sich die erneute Betrachtung der Altersverteilung der fetalen und infantilen Schafe nach der Diaphysenbreite des distalen Humerus (Abb. 4.11) an. Nur zwei der mit dieser Methode (Pöllath u. a. 2021, siehe Anhang F) auswertbaren Jungtiere gehören zu den 11 Feten, die zusammen mit ihrem Muttertier, also im ungeborenen Zustand, bestattet wurden. Diese sind in der Abbildung farblich abgesetzt dargestellt. Die restlichen Jungtiere wurden isoliert aufgefunden, sie waren also bereits geboren worden, entweder tot oder lebendig. Wie bereits in Abschnitt 4.3.2 ausgeführt, scheint die erste Häufung der Altersverteilung in Abbildung

#### 4. Ergebnisse

4.11, in die auch das bei der Geburt verstorbene Tier 176F fällt, auf Todesfälle um den Geburtszeitpunkt zurückzugehen. Bei den zuvor gestorbenen, aber dennoch ohne Muttertier bestatteten Tieren (n=4) scheint es sich um Aborte gehandelt zu haben, für die infektiöse wie nicht infektiöse Ursachen infrage kommen. Nach Bostedt u. Dedié (1996, 494) können heute etwa 40 bis 60% der Aborte als infektiös bedingt eingeordnet werden, bei den verbleibenden ist mit einer Dunkelziffer zu rechnen, sodass insgesamt infektiöse Aborte wohl häufiger anzutreffen sind als nicht infektiöse. Die häufigsten Aborterreger sind Bakterien (*Chlamydia psittaci*, *Salmonella abortus ovis*, *Coxiella burnetii*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter fetus* u.a.), aber auch Viren (z.B. Border-Disease-Virus, Blauzungenvirus, Akabane-Virus) und Pilze (*Aspergillus*, *Mucor*, *Absidia*) kommen infrage (Bostedt u. Dedié 1996, 481 ff.). Nicht infektiöse Aborte können durch Stoffwechselerkrankungen (Gestationsketose), Mangelsituationen, Vergiftungen und Stress jeder Art, wie z.B. Hetzen durch Hunde, ausgelöst werden (Bostedt u. Dedié 1996, 494). Da im Alten Ägypten die medizinischen Möglichkeiten zur Behandlung und Prophylaxe von Infektionskrankheiten sehr begrenzt waren, stellte mangelnde Hygiene vermutlich einen umso größeren Risikofaktor dar. Von vier abortierten Feten bei 82 adulten weiblichen Schafen auf gravierende Hygienemängel zu schließen, wäre aber sicherlich verfehlt. Allerdings muss mit vielen unentdeckten Aborten, besonders Frühaborten, gerechnet werden. Letztere würden sich aufgrund der mangelnden Mineralisation ihrer Knochen nicht erhalten haben, wenn sie überhaupt entdeckt und bestattet wurden. Insofern ist aus der Existenz von Abortfrüchten in diesem Fall weder auf gute, noch auf mangelhafte Hygienebedingungen bei der Schafhaltung zu schließen.

Zwillingsträchtigkeiten konnten bei keinem der 11 trächtigen Mutterschafe nachgewiesen werden. Alle fetalen Skelettelemente liegen, sofern beurteilbar, jeweils höchstens einmal vor. Angesichts der Unvollständigkeit einiger fetaler Skelette können übersehene Zwillingsträchtigkeiten allerdings nicht ausgeschlossen werden. Sie scheinen aber zumindest eher die Ausnahme als die Regel gewesen zu sein. Die Gründe hierfür können einerseits genetischer Natur sein. Die durchschnittliche Anzahl der Lämmer pro Wurf variiert bekanntermaßen von Rasse zu Rasse und reicht von 1,1 bei der grauen gehörnten Heidschnucke, dem Zackelschaf und dem Kamerunschaf (unveredelte Landrassen) bis zu 2,8 beim Romanov-Schaf (Bostedt u. Dedié 1996, Tab. 48). Andererseits ist ebenfalls bekannt, dass die Ernährung einen großen Einfluss auf die Fruchtbarkeit hat (Bostedt u. Dedié 1996, 384). Schafe in optimalem Futterzustand haben entsprechend einen höheren Anteil an Zwillingsgeburten (Rieder 2017, 54).

Die Einlingsträchtigkeiten der im Tierfriedhof bestatteten Mutterschafe könnten also auf einen schlechten Ernährungszustand hindeuten, für den noch weitere Anhaltspunkte existieren (vgl. Abschnitt 4.3.5). Sie könnten aber auch schlicht genetisch bedingt sein. Da diese Tiere wohl nicht auf Hochleistung gezüchtet wurden, ist letzteres durchaus wahrscheinlich.

##### 4.3.5. Gesundheitsstatus der Schafe

Das Schaf ist die am häufigsten im Fundgut vertretene Tierart und somit konnten hier auch zahlreiche pathologische Erscheinungen dokumentiert werden. Ihre bloße Anzahl

#### 4. Ergebnisse

muss aufgrund der Tatsache, dass es sich um nahezu vollständige Skelette von teils recht alten Tieren handelt, nicht zwingend verwundern. Für die Archäozoologie ist die Auswertung eines Friedhofs ein seltener Glücksfall. Aus der Anthropologie hingegen, wo er die Regel darstellt, ist bekannt, dass vollständige Skelette ab einem gewissen Lebensalter nahezu immer Skelettpathologien aufweisen (Jan Novacek und Kristina Scheelen, mündliche Mitteilung 2017). Sämtliche dokumentierte Veränderungen aufzuführen, würde den Rahmen dieser Arbeit deutlich sprengen. Unter den pathologischen Erscheinungen der Schafe sind jedoch auch solche, die bei mehreren Tieren auftraten. Diese liefern weitreichende Erkenntnisse über die Lebensumstände der bestatteten Tiere und sind daher für die Interpretation dieses einzigartigen Fundplatzes von zentraler Bedeutung. Die folgende Darstellung der krankhaften Veränderungen der Schafskelette beschränkt sich daher auf diese mehrfach dokumentierten Phänomene. Bei welchen Tierskeletten bestimmte Veränderungen festgestellt wurden, wird im Folgenden nicht durchgängig erwähnt, kann aber den Tabellen des Anhangs B entnommen werden.

##### 4.3.5.1. Zahnstein

Zahnstein wurde bei vielen Tieren in diesem Material in mehr oder weniger deutlicher Ausprägung beobachtet. Es handelt sich um einen mineralisierten Belag aus „dentalen Plaques, einer filmartigen organischen Matrix aus Nahrungspartikeln und Bakterien auf der Zahnoberfläche“ (Gelberg 2009, 291). Am vorliegenden Material wurde festgestellt, dass der Zahnstein häufig sehr spröde ist und sich selbst bei sanfter Berührung von den Zähnen ablöst. Der sich darunter befindende Zahnschmelz sieht meist so glatt und gesund aus, als sei er nie von Zahnstein betroffen gewesen. Da der Erhaltungszustand des Materials sehr inhomogen ist und darüber hinaus das Material vor der Bearbeitung unterschiedlich aufwendigen Reinigungsarbeiten unterzogen wurde, kann also ein ursprüngliches Vorhandensein von Zahnstein nie ausgeschlossen werden.

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang auch, dass der massivste Befund von Zahnstein in diesem Material bei Tier 21b vorgefunden wurde, einem männlichen Schaf, dessen Schädel durch ein Keramikgefäß so gut geschützt war, dass sich sogar eine Hornscheide fast komplett erhalten hat (dargestellt in Abb. 4.3). Dies ist bei keinem anderen Schädel dieses Materials der Fall. Dieser Umstand scheint erwähnenswert, obwohl ein zufälliges Zusammentreffen der Zahnsteinbildung und des hervorragenden Erhaltungszustandes nicht ausgeschlossen werden kann. Ein weiteres Zusammentreffen von gutem Erhaltungszustand und deutlichem Zahnsteinbefall fand sich bei Tier 207. Auch hier war der Schädel mit Keramik abgedeckt und somit geschützt (siehe Abb. 5.1). Es ist also grundsätzlich zu bedenken, dass eine Negativdiagnose bezüglich Zahnstein nicht gestellt werden sollte. Daher lässt sich das Auftreten von Zahnstein innerhalb des Tierfriedhofs nicht quantifizieren. Grundsätzlich lässt sich aber sagen, dass mittelgradige Zahnsteinbildung in diesem Material keine seltene Beobachtung darstellt.

### 4.3.5.2. Beschleunigte Zahnabnutzung und damit assoziierte Phänomene

Die direkte Gegenüberstellung des Zahnalters nach Jones (2006) und des Epiphysenalters nach Habermehl (1975) (Abb. 4.18) lässt erkennen, dass zwischen beiden eine erhebliche Diskrepanz besteht. Die Altersschätzung nach den Zahndaten liefert durchschnittlich höhere Werte als die nach dem Epiphysenstatus.

Ein ähnliches Bild liefert auch der Vergleich mit den Schafskeletten aus Kerma (Abb. 4.19). Hierfür wurden die Zahnstadien der Schafe aus dem Tierfriedhof von Syene in das Grant System (Grant 1975b) übersetzt, um einen Vergleich mit den für Kerma publizierten Daten (Chaix u. Grant 1987, Tabelle 1) zu ermöglichen. Es ist erkennbar, dass die Zähne der Schafe aus Syene beim Schluss einer bestimmten Epiphysenfuge stets stärker abgenutzt sind als die der Schafe aus Kerma. Dies ist insofern bemerkenswert, als die beiden Fundstätten hinsichtlich ihrer geographischen Lage durchaus vergleichbar sind (Syene nahe dem 1. Nilkatarakt, Kerma nahe dem 3. Nilkatarakt). Die genannten Befunde lassen sich sowohl durch eine beschleunigte Zahnabnutzung als auch durch einen verzögerten Epiphysenschluss bei den Tieren aus Syene erklären. Letzterer spielt höchstwahrscheinlich ebenfalls eine Rolle (siehe Abschnitt 4.3.5.7). Dass die Zahnabnutzung der Schafe des Tierfriedhofs aber tatsächlich schneller vonstatten ging als in anderen Schafpopulationen, wurde an anderer Stelle zweifelsfrei nachgewiesen (Mutze u. a. 2021b, siehe Abschnitt 3.3). Hier wurde gezeigt, dass die Zahnabnutzungsgeschwindigkeit der Schafe im vorliegenden Fundgut nicht nur im Vergleich mit europäischen Schafen verschiedener Epochen (eisenzeitlich und modern), sondern auch mit Schafen aus einem räumlich und zeitlich vergleichbaren Kontext (Siedlung von Syene) außergewöhnlich hoch ist. Dass die Zähne der Wiederkäuer zeitlebens durch Abrieb an Substanz verlieren, ist als physiologisch anzusehen. Der Abrieb gewährleistet, dass die Schmelzkannten scharf bleiben und ihre Aufgabe, die Zerkleinerung von Pflanzenteilen, erfüllen können (Hillson 1986, 214). Welches Ausmaß dieser Abrieb aber annimmt, wird durch viele Faktoren beeinflusst (Healy u. Ludwig 1965; Grant 1978), sodass eine gewisse Variabilität zwischen verschiedenen Populationen prinzipiell zu erwarten ist. Solange alle Zähne von der Abnutzung gleichermaßen betroffen sind, kann der Zustand eines stark abgenutzten Gebisses durchaus als physiologisch bezeichnet werden. Jedoch birgt eine beschleunigte Zahnabnutzung ein erhöhtes Risiko dafür, dass geringste Unregelmäßigkeiten zu ernsthaften Krankheitserscheinungen führen. Im Folgenden werden vier Phänomene beschrieben, die mit beschleunigter Zahnabnutzung in Zusammenhang stehen können, aber nicht müssen.

Bei Schafen mit sehr stark abgenutzten Zähnen wurden regelmäßig außergewöhnlich dicke, fransige **Zementauflagerungen an den Wurzeln** beobachtet (siehe Abb. 4.20), was während der Bearbeitung zunächst als pathologisch eingestuft wurde. Auch der beim Menschen übliche Begriff „Hyperzementose“, der einen unphysiologischen Zustand beschreibt (z.B. D’Incau u. a. 2015), hat dazu beigetragen. Es überwiegen jedoch die Argumente dafür, dass es sich bei dem an Schafen beobachteten Phänomen um eine prinzipiell physiologische Anpassung an die extreme Zahnabnutzung handelt, weshalb der Begriff „Hyperzementose“ irreführend ist und für dieses Phänomen nicht verwendet werden sollte.

Betrachten wir zunächst die Aufgaben und Eigenschaften des Zahnzements. Der Zahn ist in seiner Alveole durch Kollagenfaserbündel aufgehängt. Dadurch wird der Druck, der

#### 4. Ergebnisse

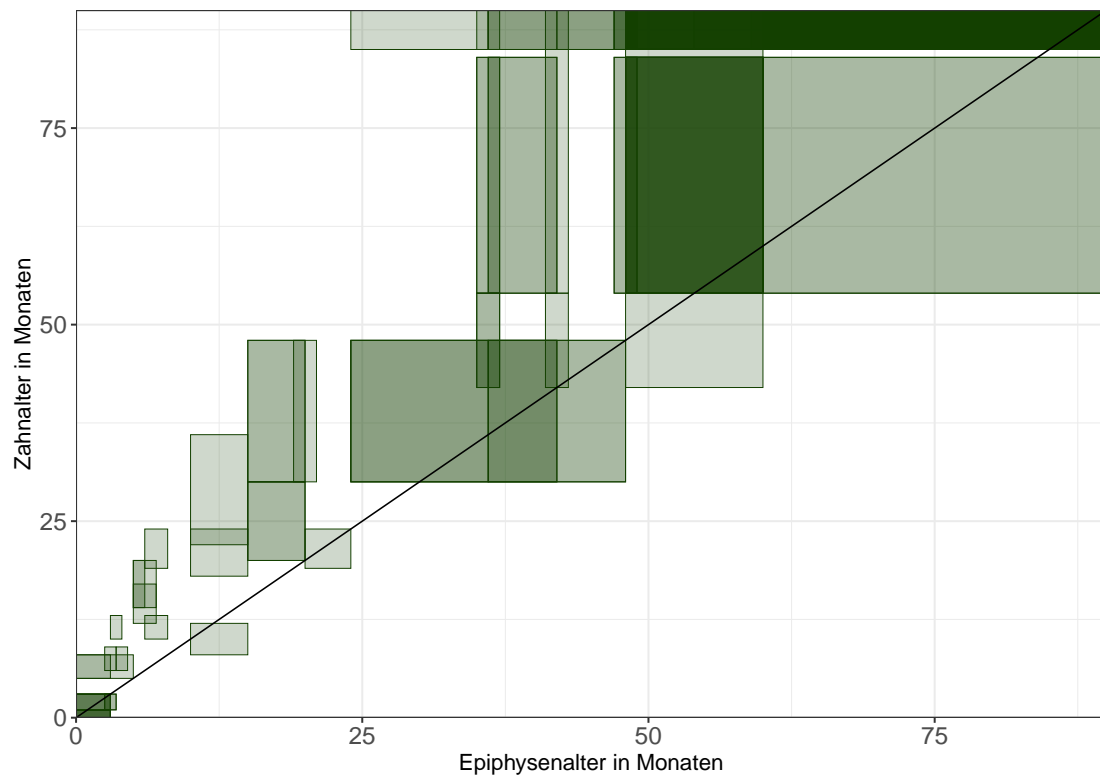


Abbildung 4.18.: Zahnalter nach Jones (2006) und Epiphysenalter nach Habermehl (1975). Da beide Methoden keine exakten Werte sondern Altersspannen liefern, ergeben sich in der Darstellung Rechtecke (n=109, davon 41 männlich, 41 weiblich, 27 unbestimmt).

#### 4. Ergebnisse

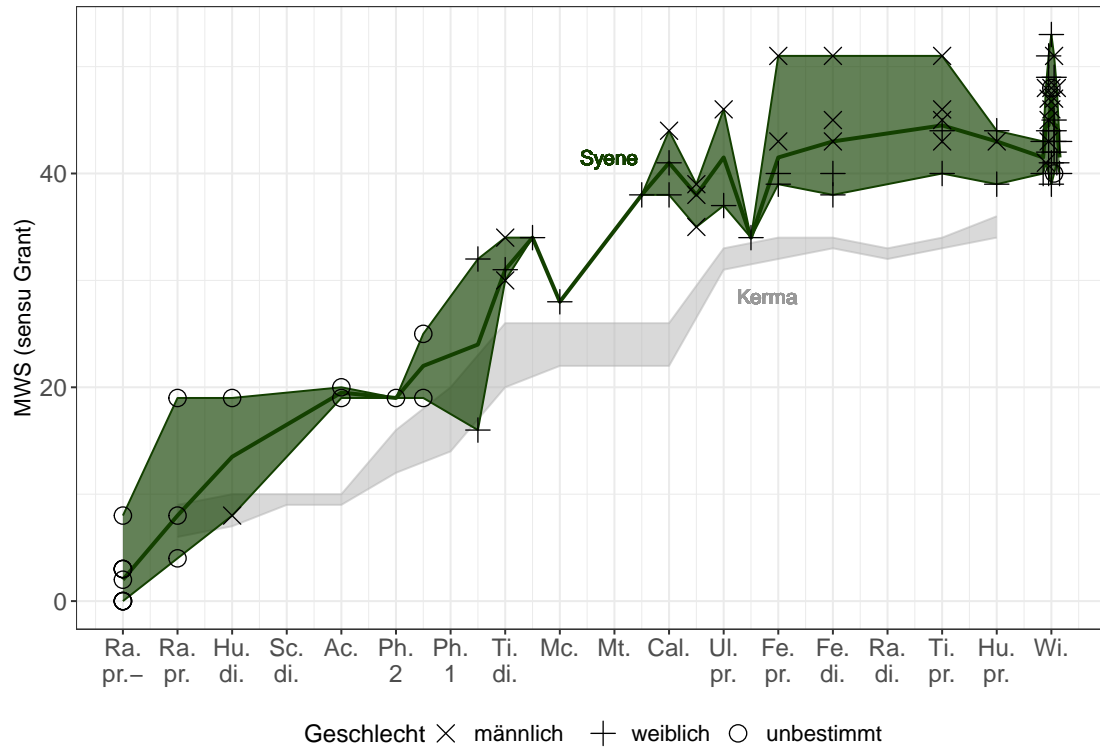


Abbildung 4.19.: Mandible Wear Stages nach Grant (1975b; 1982) gegenüber Epiphysenfugenschluss bei den Schafen aus Kerma (Chaix u. Grant 1987, Tab. 1) und aus dem Tierfriedhof von Syene (n=67, davon 18 männlich, 29 weiblich, 20 unbestimmt. Tiere, bei denen mehrere Epiphysenfugen gleichzeitig verwachsen, sind mehrfach dargestellt). Der Datenbereich (Minimum bis Maximum) ist jeweils farbig hinterlegt, für Syene ist zusätzlich der Median eingezeichnet.



#### 4. Ergebnisse

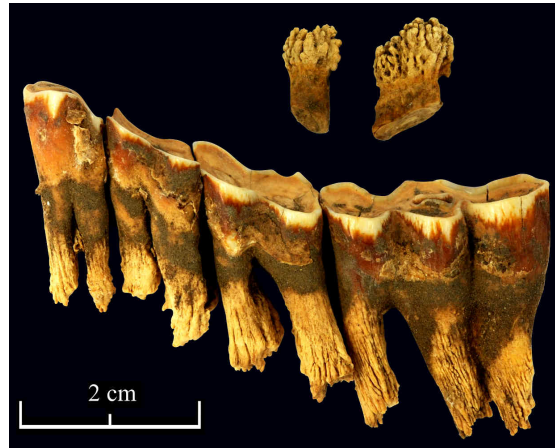


Abbildung 4.20.: Zähne von Tier 207. P<sub>4</sub> bis M<sub>3</sub> des linken Unterkiefers zeigen das hier beschriebene Phänomen in mittlerer Ausprägung. Die beiden Stummel von Oberkieferzähnen, die aufgrund der sehr starken Abnutzung nicht näher identifizierbar sind, zeigen das Phänomen in seiner ausgeprägtesten Form.

beim Kauen auf den Zahn wirkt, gleichmäßig auf die gesamte Alveolarwand verteilt, und zwar in Form von Zugkräften, die durch die Kollagenfasern besser toleriert werden als Druckkräfte (Hees u. Sinowatz 2000, 266). Das Wurzelzement überzieht die Zahnwurzel und hat die Aufgabe, die Kollagenfaserbündel am Zahn zu befestigen, indem diese als sogenannte Sharpey-Fasern in das Zement eingebettet sind. Während des gesamten Lebens wird immer neues Wurzelzement angelagert (Hillson 1986, 195). Lieberman (1993) konnte zeigen, dass die Mikrostruktur des Wurzelzements bei Ziegen sich mit der Härte des Futters, also der Belastung des Zahnhalteapparats, ändert. In Phasen, in denen das Futter härter und somit die Belastung höher war, waren die Sharpey-Fasern laut dieser Studie im sich neu bildenden Zement senkrechter zur Zement-Dentin-Grenze angeordnet, während sie in Phasen mit weicherem Futter schräger verliefen. Das sich stets neu bildende Wurzelzement passt sich folglich an veränderte Belastungen an, um seine Aufgabe, die Verankerung der Zähne in den Alveolen, bestmöglich zu erfüllen. Zähne, deren Krone noch größtenteils vom Kieferknochen umschlossen wird, sind unabhängig vom Wurzelzement deutlich besser verankert als bereits stark abgenutzte Zähne, deren Krone sich größtenteils außerhalb des Kieferknochens befindet und die nur durch ihre Wurzeln dort befestigt werden. Der Zahnhalteapparat von letzteren wird ungleich stärker beansprucht, wenn die Zähne beim Kauen Querbelastrungen ausgesetzt sind. Hillson (1986, 194) beschreibt die Wurzelbildung bei hypsodonten Spezies als verspätet, da die Krone für lange Zeit die Aufgabe der Wurzel übernimmt. Dass das Wurzelzement stärker abgenutzter Zähne auf die damit einhergehende Belastung reagiert, kann folglich nicht verwundern. Die beobachtete Fransenbildung geht mit einer Oberflächenvergrößerung einher. Oberflächenvergrößerung ist ein probates Mittel, mechanische Verbindungen zu stärken. Sie findet auch bei der Ausbildung sogenannter Muskel- oder Bandmarken statt, wenn eine

#### 4. Ergebnisse

Knochenoberfläche auf vermehrten Zug an bestimmten Muskeln oder Bändern mit der Ausbildung einer besonders rauen Stelle reagiert. Es ist somit leicht vorstellbar, dass die beobachteten fransigen Zementauflagerungen an Wurzeln von stark abgenutzten Zähnen ebenfalls dazu dienen, eine festere Verbindung der Zahnwurzel mit der Alveolenwand zu gewährleisten und dass es sich somit um einen prinzipiell physiologischen Anpassungsprozess handelt.

Im Gegensatz dazu ist **Karies** definitiv als pathologischer Zustand zu werten. Karies entsteht, wenn sich säurebildende Bakterien auf der Zahnoberfläche ansiedeln und die produzierte Säure die mineralischen Bestandteile der Zahnhartsubstanzen (Schmelz, Zement und Dentin) zerstört (Hillson 1986, 290 f.; Gelberg 2009, 290 f.). Ist dadurch bereits eine Vertiefung entstanden, so können sich Bakterien dort noch besser anlagern und der Prozess schreitet häufig schnell voran. Je nach Lokalisation und betroffenem Gewebe werden verschiedene Formen von Karies unterschieden (Hillson 1986, 291 ff.). Bei den Schafen dieses Materials kann ausschließlich eine Form nachgewiesen werden, und zwar bei 16 Individuen. Es handelt sich um kariöse Läsionen im Dentin der Okklusalfäche der Prämolaren und Molaren des Ober- und Unterkiefers. In einem Fall ist auch ein oberer Milchmolar betroffen (Abb. 4.21 rechts). Die kariösen Läsionen finden sich stets an den Stellen, an denen die ehemalige Pulpahöhle durch Sekundärdentin verschlossen ist. Da sich das Sekundärdentin farblich häufig deutlich vom Primärdentin abhebt, lässt sich seine Lokalisation an zahlreichen gesunden Zähnen verschiedenen Alters beobachten. Abbildung 4.21 (links) zeigt vier zweite Molaren des Unterkiefers in unterschiedlichen Abnutzungsstadien. An den beiden oben dargestellten Zähnen ist das Sekundärdentin gut sichtbar und lässt den ursprünglichen Verlauf der Pulpahöhle erkennen: Proximal der Schmelzbecher konfluieren die beiden Ausläufer der Pulpahöhle. Dies geschieht zuerst am rostralen Lobus (wie bei dem rechts dargestellten Exemplar) und weiter proximal dann auch am nuchalen Lobus. Die beiden unteren Zähne der Abbildung 4.21 (links) weisen an den entsprechenden Stellen kariöse Kavernen auf.

Dass die kariösen Veränderungen immer das Sekundärdentin betreffen, deutet darauf hin, dass dieses weniger widerstandsfähig ist als das Primärdentin. Im hier beschriebenen Material könnte dies auch mit einer mangelhaften Mineralisierung durch Mangelernährung (siehe Abschnitt 4.3.5.3) zusammenhängen oder mit der Tatsache, dass das Sekundärdentin aufgrund der beschleunigten Zahnabnutzung in besonders kurzer Zeit gebildet werden musste. In der Literatur wird Karies bei Schafen so gut wie nicht beschrieben. Laut Bostedt u. Dedié (1996, 297) ist Karies bei der Ziege, nicht aber beim Schaf bekannt, wodurch der Eindruck entstehen könnte, es handele sich um ein spezielles Phänomen dieses Materials. Dagegen spricht, dass sowohl bei den Schafsunterkiefen aus dem Keltenoppidum Manching, als auch bei Karakulkiefen der Julius-Kühn-Sammlung in Halle an der Saale, die für die beiden in diese Arbeit integrierten Publikationen (Mutze u. a. 2021a, siehe Abschnitt 3.2; Mutze u. a. 2021b, siehe Abschnitt 3.3) zu Vergleichszwecken untersucht wurden, hin und wieder Karies an den beschriebenen Stellen beobachtet werden konnte. Es mag also sein, dass bedingt durch eine schlechte Mineralisierung der Zähne und/oder die beschleunigte Zahnabnutzung Karies bei den Schafen dieses Materials besonders häufig auftritt. Das durchschnittlich recht hohe Alter der Tiere spielt in diesem Zusammenhang sicherlich auch eine Rolle. Es muss aber davon ausgegangen

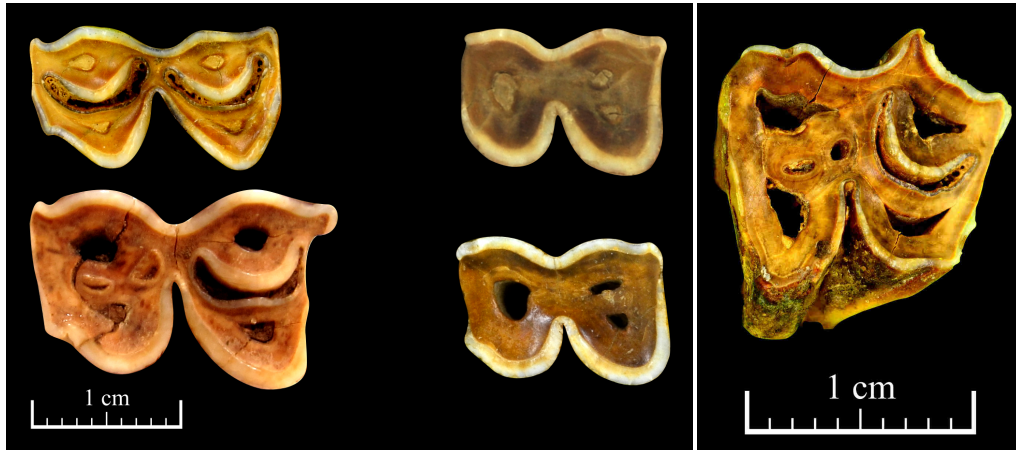


Abbildung 4.21.: Entstehung von Karies (links) und Karies am linken Pd<sub>4</sub> von Tier 53 (rechts).

werden, dass es sich im Allgemeinen um kein allzu seltenes Phänomen handelt, das lediglich bisher kaum Aufmerksamkeit gefunden hat. Erstaunlicherweise wurde Karies infolge einer Infundibularnekrose, die laut Gelberg (2009, 290) bei Wiederkäuern die häufigste Form von Karies darstellt, bei keinem der bestatteten Schafe festgestellt.

Die kariösen Läsionen ließen sich häufig bis in die Wurzel hinein sondieren, die Pulpahöhle war also durch die Karies bereits eröffnet. Da die Pulpahöhle gut innerviert ist, muss, auch in Analogie zu anderen Tierarten, davon ausgegangen werden, dass eine Karies, die die Pulpahöhle erreicht, in jedem Fall extreme Schmerzen verursacht. Sichtbar ist dies im vorliegenden Material häufig in Form einer asymmetrischen Abnutzung des Gebisses, dergestalt, dass die betroffene Seite weniger stark abgenutzt ist, da sie beim Kauen geschont wird. Abbildung 4.22 zeigt einen solchen Fall, bei dem außer der deutlich stärkeren Abnutzung der rechten Gebisshälfte noch nichts auf eine Schmerzhaftigkeit der Karies links hindeutet. Der Kieferknochen zeigte bei diesem Tier noch keine makroskopisch sichtbare Reaktion. Dieser Fall demonstriert auch ein Problem bei der Zahnaltersbestimmung. Liegen beide Gebisshälften vor, so wird klar, dass die starke Abnutzung rechts pathologisch bedingt ist. Würde bei der Untersuchung von Einzelknochen nur die rechte Mandibula dieses Tieres vorliegen, wäre der pathologische Ursprung der starken Abnutzung nicht erkennbar und das Tier würde als zu alt eingestuft werden.

Wenn durch die Karies die Pulpahöhle eröffnet wird, kann es über die Schmerzhaftigkeit hinaus zu weitreichenden gesundheitlichen Problemen kommen. Zunächst kommt es zu einer Pulpitis und Endodontitis, in der Folge kann die bakterielle Infektion durch die Wurzelspitze auf das periodontale Gewebe übergreifen, man spricht von einer **Periodontitis** (Gelberg 2009, 291). Einen solchen Fall zeigt Abbildung 4.23, wo sich infolge einer Karies am rostralen Lobus des M<sub>3</sub> eine hochgradige Periodontitis entwickelt hat. Durch den Druck der Eiteransammlung ist der Kieferknochen nach buccal gewichen. Letztlich hat sich der Eiter durch eine **Fistel** einen Weg aus dem Kiefer heraus gebahnt. Es ist offensichtlich, dass das Tier in seiner Nahrungsaufnahme schwer beeinträchtigt war und

#### 4. Ergebnisse

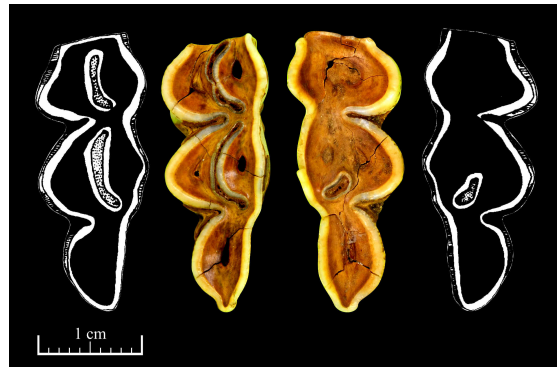


Abbildung 4.22.: Asymmetrische Abnutzung des  $M_3$  durch schmerzhafte Karies bei Tier 224.



Abbildung 4.23.: Linke Mandibula von Tier 13M mit Periodontitis und Fistelbildung, ausgelöst durch Karies am rostralen Lobus des  $M_3$ .

#### 4. Ergebnisse

es ist nicht unwahrscheinlich, dass dies letztlich auch zum Tod des Tieres geführt hat, zumal das Tier hoch trächtig war und dadurch einen erhöhten Nahrungsbedarf hatte. Erwähnenswert ist, dass  $P_4$  und  $M_1$  dieses Unterkiefers, obwohl bereits bis auf die Wurzel abgenutzt, keine auffälligen Krankheitserscheinungen zeigen. Zwar ist der Kieferknochen an der Alveolarwand etwas reaktiv, jedoch sind diese beiden Zähne einigermaßen gleichmäßig abgenutzt und scheinen noch fest im Kiefer verankert gewesen zu sein. Dadurch wird deutlich, dass extreme Zahnabnutzung allein nicht unbedingt ein Problem für das betroffene Tier darstellen muss.

Eine Periodontitis wird jedoch nicht immer durch eine Karies ausgelöst. Häufig kommt es zunächst zu einer Gingivitis, einer Infektion der Zahnfleischtaschen (Gelberg 2009, 291). Diese kann durch Futterpartikel ausgelöst werden, die sich dort sammeln. Abbildung 4.24 zeigt einen Fall einer hochgradigen Periodontitis, die vermutlich auf diese Weise entstanden ist. Jedenfalls konnten keine Anzeichen einer Karies festgestellt werden. Zwar ist der  $M_2$  nicht vollständig beurteilbar, weil er, wie die ganze Mandibula, in mehrere Stücke zerbrochen war und nur durch aufwendige Klebearbeiten rekonstruiert werden konnte. Allerdings befindet sich die Entzündung größtenteils unterhalb der Prämolaren und des  $M_1$ , welche eindeutig nicht von Karies betroffen sind. Durch die Eiteransammlungen ist diese linke Mandibula hochgradig deformiert und es haben sich zwei Fisteln gebildet. In der Seitenansicht wird deutlich, dass die Prämolaren und der  $M_1$  nicht mehr von Knochen umschlossen waren. Ihre Wurzeln waren offensichtlich nur noch von Weichgewebe umgeben und es ist erstaunlich, dass diese Zähne nicht schon zu Lebzeiten des Tieres ausgefallen sind. Auch in diesem Fall ist die Beeinträchtigung der Nahrungsaufnahme offensichtlich und kommt durchaus als Todesursache in Betracht. Allerdings kann eine Periodontitis nicht nur über die erschwerte Nahrungsaufnahme zum Tod führen. Es ist auch möglich, dass die Erreger in die Blutbahn gelangen und eine Septikämie mit resultierendem septischem Schock auslösen (Gelberg 2009, 129). Dies lässt sich allerdings am Skelett nicht nachweisen.

Eine weiteres Phänomen, das durch eine beschleunigte Zahnabnutzung begünstigt werden kann, ist das **Stufen- oder Treppengebiss**, das bei 15 der bestatteten Schafe in unterschiedlicher Ausprägung festgestellt werden konnte. Hierbei findet keine gleichmäßige Abnutzung der Zähne innerhalb einer Zahnreihe statt, sondern einzelne Zähne oder Zahnhälften werden stärker abgenutzt als die benachbarten Zähne. Diese Situation findet sich üblicherweise im Ober- und Unterkiefer gleichermaßen, sodass beide genau ineinander greifen. Ein Übereinandergleiten der Ober- und Unterkieferzähne in rostro-caudaler Richtung wird dadurch nahezu unmöglich. Dieses ist aber für einen physiologischen Kauvorgang unerlässlich (von Engelhardt u. Breves 2005, 313) und würde darüber hinaus ohne medizinische Intervention die einzige Möglichkeit darstellen, das Problem zu beheben und den Abnutzungsgrad der benachbarten Zähne einander wieder anzugleichen. Bleibt dies aus, so kann sich der Zustand im Laufe des Lebens lediglich verschlechtern und wird die Zerkleinerung der Nahrung zunehmend behindern. Abbildung 4.25 zeigt einen rechten Unterkiefer mit deutlich ausgeprägtem Treppengebiss.

#### 4. Ergebnisse



Abbildung 4.24.: Linke Mandibula von Tier 315 mit Periodontitis und Fistelbildung.



Abbildung 4.25.: Rechte Mandibula von Tier 163 mit ausgeprägten Stufen in der Kaufläche.

### 4.3.5.3. Mineralisationsmangel

Einige Schafskelette zeigen einen **mangelhaften Knochenbau**. Die Kortikalis wirkt dünn und die Spongiosa spärlich. Besonders auffällig ist dies bei Skelett 40 ausgeprägt. Abbildung 4.26 zeigt verschiedene Elemente dieses Skeletts. An den postmortalen Bruchstellen an Rippen und Wirbeln (a, b und d) sind die dünne Kortikalis und die spärlich ausgebildete, sehr großlumige Spongiosa deutlich erkennbar. Die Metacarpi (c) zeigen palmar im Metaphysenbereich große Poren, die ebenfalls auf eine dünne Kortikalis und eine großlumige Spongiosa schließen lassen. Alles in allem wirken die Knochen dieses Skeletts wenig stabil. Sechs Rippenfrakturen und zwei Wirbelfrakturen bekräftigen diesen Eindruck. Da bezüglich der Wandstärke der Knochen die Übergänge zwischen physiologischen und pathologischen Zuständen fließend sind, lässt sich die Verbreitung des Phänomens innerhalb der Population schwer quantifizieren. Die hohe Anzahl traumatisch veränderter Knochen (452 Stück bei 246 Schafindividuen, siehe Abschnitt 4.3.5.8) legt immerhin die Vermutung nahe, dass eine mangelhafte Stabilität der Knochen weit verbreitet gewesen sein könnte.

Bei 12 Individuen fiel sogar eine **poröse Läsion an den Seitenflächen der Sternebrae** auf, die wohl ebenfalls auf eine mangelhafte Mineralisierung zurückgeht, aber bereits in weniger offenkundigen Fällen zur Ausprägung kommt und daher leichter zu erkennen und zu dokumentieren ist. Abbildung 4.27a zeigt eine Sternebra von Skelett 40. Entsprechend dem Zustand des gesamten Skeletts ist die Läsion hier besonders stark ausgeprägt. Die Trabekel sind weit in die Tiefe gewichen. Die weiteren Sternebrae zeigen verschiedene Ausprägungen des Phänomens.

Die Ursache des Mineralisationsmangels, der zu dieser Läsion führt, ist nicht eindeutig feststellbar. Ein bekannter Befund an mumifizierten Tieren aus Ägypten, die Rachitis (von den Driesch u. Peters 2003, 19), ist hier als Ursache wenig wahrscheinlich. Rachitis bezeichnet einen Mangel an Vitamin D, der sich in einer Deformation der Röhrenknochen im jugendlichen Alter äußert. Vitamin D wird im Körper unter Einfluss von UV-Licht gebildet und ist notwendig, damit Calcium aus dem Nahrungsbrei im Darm in den Körper aufgenommen werden kann, wo es für die Mineralisation der wachsenden Knochen im jugendlichen Organismus besonders gebraucht wird. Rachitis entsteht daher typischerweise bei Tieren, die ohne ausreichend Sonnenlicht aufwachsen (Weisbrode 2009, 963). Im hier beschriebenen Fundgut fanden sich zwar viele Knochenfrakturen, jedoch keine Verkrümmungen, was eine Rachitis, zumindest als Bestandsproblem, unwahrscheinlich macht. Eine weitere, bei Schafen bekannte Art der mangelhaften Mineralisation ist die Osteomalazie oder Knochenbrüchigkeit. Sie tritt hauptsächlich bei ausgewachsenen Tieren auf, wenn durch eine ungünstig zusammengesetzte Futtermittelration (falsches Calcium-Phosphor-Verhältnis) ein Mangel an Calcium und/oder Phosphor besteht, sodass diese Stoffe dem Knochen entzogen werden müssen, um den Bedarf zu decken. Der auf diese Weise demineralisierte Knochen ist instabil und neigt zu Frakturen. Aufgrund ihres erhöhten Bedarfs sind Mutterschafe im letzten Drittel der Trächtigkeit besonders häufig betroffen (Bostedt u. Dedié 1996, 265 f.). Von den 12 Tieren, bei denen poröse Läsionen an Sternebrae festgestellt wurden, waren 6 weiblich, 4 männlich und 2 unbestimmten Geschlechts. Das Geschlechterverhältnis unterscheidet sich also nicht wesentlich von dem



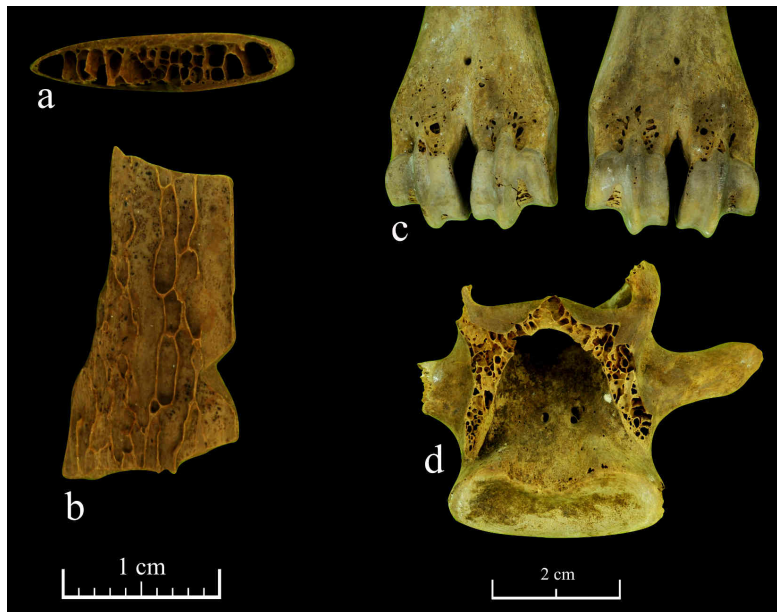


Abbildung 4.26.: Mangelhafte Mineralisierung bei Knochen von Skelett 40: zwei Rippenfragmente (a und b), linker und rechter Metacarpus (c, Palmaransicht) und ein Lendenwirbel (d).

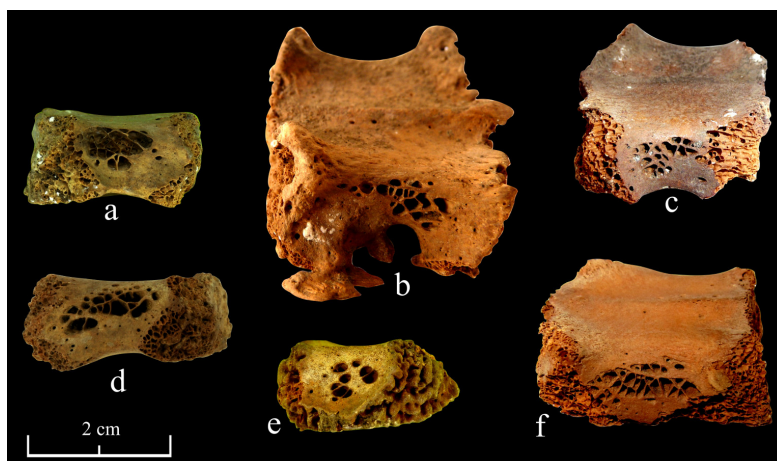


Abbildung 4.27.: Poröse Läsion an den Seitenflächen der Sternebrae bei den Skeletten 40 (a), 42 (b), 138 (c), 197 (d), 198 (e) und 260 (f).



#### 4. Ergebnisse

der Gesamtpopulation (vgl. Abschnitt 4.3.3). Dennoch erscheint ein ernährungsbedingter Mangelzustand als wahrscheinlichste Ursache für das beobachtete Phänomen. Ob es sich dabei exakt um das Krankheitsbild der Osteomalazie handelte, lässt sich nicht mit Sicherheit sagen.

Als möglicherweise assoziiertes Problem fanden sich **Eindellungen an den Hornzapfen** dreier männlicher Schafe dieses Materials (Tier 139; Tier 291, Abb. 4.28; Tier 163). Solche Eindellungen werden in der archäozoologischen Literatur häufiger beschrieben, nicht hingegen in der klinisch-veterinärmedizinischen Literatur. Dies deutet darauf hin, dass die Erscheinung keine auffälligen klinischen Symptome hervorruft. Pölloth (1959, 13 f.) und Pfund (1961, 9 f.) beschrieben das Phänomen an Hornzapfen von Schafen aus dem Keltenoppidum Manching. Während Pölloth darin eine Folge der Kastration sieht, stellt Pfund fest, dass von 11 betroffenen Hornzapfen acht im Größenbereich weiblicher Tiere liegen. Hatting (1975, 346) fand ähnliche Eindellungen an einem Hornzapfen eines im Februar 1972 verstorbenen weiblichen Schafes und führt diese auf zwei Phasen von Mangelerkrankung in den Wintern 1968-69 und 1971-72 zurück. Dies passt zu den Beobachtungen von Clutton-Brock u. a. (1990, 6) an Skeletten von Soay-Schafen von der Insel Hirta (St. Kilda) in Schottland. In dieser Studie fanden sich sogenannte „thumb-prints“, also Eindellungen in Form eines Daumenabdrucks, nicht bei männlichen, sondern ausschließlich bei weiblichen Tieren. Die Autoren interpretieren die Erscheinung daher als Folge eines Nährstoffmangels während Trächtigkeit und Laktation. Auch Bartosiewicz (2013, 158 ff.) sieht sowohl die Eindellungen an Hornzapfen als auch einen allgemeinen Mineralisationsmangel des Skeletts als Folge eines Mangels an Calcium und/oder Phosphor. In den vorliegenden Fällen erscheint eine Interpretation als Mangelerkrankung aufgrund der Parallele zu dem oben beschriebenen Mineralisationsmangel am restlichen Skelett ebenfalls schlüssig. Dass hier nur männliche Tiere betroffen sind, erklärt sich durch die überwiegende Hornlosigkeit der weiblichen Schafe in diesem Fundgut. Bei Tier 291 sind sowohl die Sternebrae als auch die Hornzapfen verändert, von Tier 139 liegt keine Sternebra vor. Die drei Sternebrae von Tier 163 sind unverändert.



Abbildung 4.28.: Eindrücke am rechten Hornzapfen von Tier 291.

##### 4.3.5.4. Befall mit *Oestrus ovis*

Die Schafbremse oder Nasendassel, *Oestrus ovis*, ist eine weltweit verbreitete Fliegenart, deren Larven parasitisch leben. Die adulten Fliegenweibchen setzen im Flug Larven des ersten Stadiums im Bereich der Nasenöffnungen der Schafe ab. Diese wandern in die Nasenmuscheln ein, wo sie sich an die Schleimhaut anheften und zu Larven des zweiten und dritten Stadiums entwickeln (Bostedt u. Dedié 1996, 274 f.; Eckert u. a. 2005, 477). Letztere gelangen durch Husten oder Niesen der Schafe wieder ins Freie und verpuppen sich im Erdboden.

Bei der Untersuchung mehrerer Schafskelette des hier beschriebenen Materials fielen Überreste von Fliegenlarven auf, die zweifelsfrei als Larven des dritten Stadiums von *Oestrus ovis* bestimmt werden konnten (Thomas Pape, Naturhistorisches Museum Dänemark, persönliche Mitteilung 2020). Dass diese zur Untersuchung vorlagen, ist der Tatsache zu verdanken, dass die Schädel der Tierskelette bei der Ausgrabung häufig in Gips eingefasst und als Block geborgen wurden (siehe Abschnitt 2.1.1). Erst im Rahmen der archäozoologischen Untersuchung wurde der Gips entfernt und der Schädel, bzw. dessen Fragmente vom Sediment gereinigt. In einem Fall (Tier 276, Abb. 4.29d) war eine Larve zweifelsfrei im linken Sinus frontalis lokalisiert. Bei drei Skeletten (Tier 228, 272 und 275) fanden sich die Larven erst im Sediment, nachdem dieses aus den Höhlen des Schädels herausgefallen war, sodass ihre ursprüngliche Lokalisation unklar ist. Die Sinus frontales von Tier 319 zeigten eine raue Innenfläche, die durch eine chronische Entzündung in diesem Bereich entstanden sein dürfte. Möglicherweise war hier ebenfalls ein Befall mit Larven von *Oestrus ovis* ursächlich. Dieser Schädel wurde allerdings nicht im Block geborgen, sodass keine Larvenreste gefunden werden konnten. Demzufolge konnte bei vier Tieren ein Befall mit Larven der Nasendasselfliege nachgewiesen werden. Eine hohe Dunkelziffer ist zu vermuten, da erstens nicht alle Schädel im Block geborgen wurden und zweitens höchstwahrscheinlich nicht alle Larven überhaupt erhalten blieben. Larven des ersten und zweiten Stadiums wurden nicht gefunden, was vermutlich

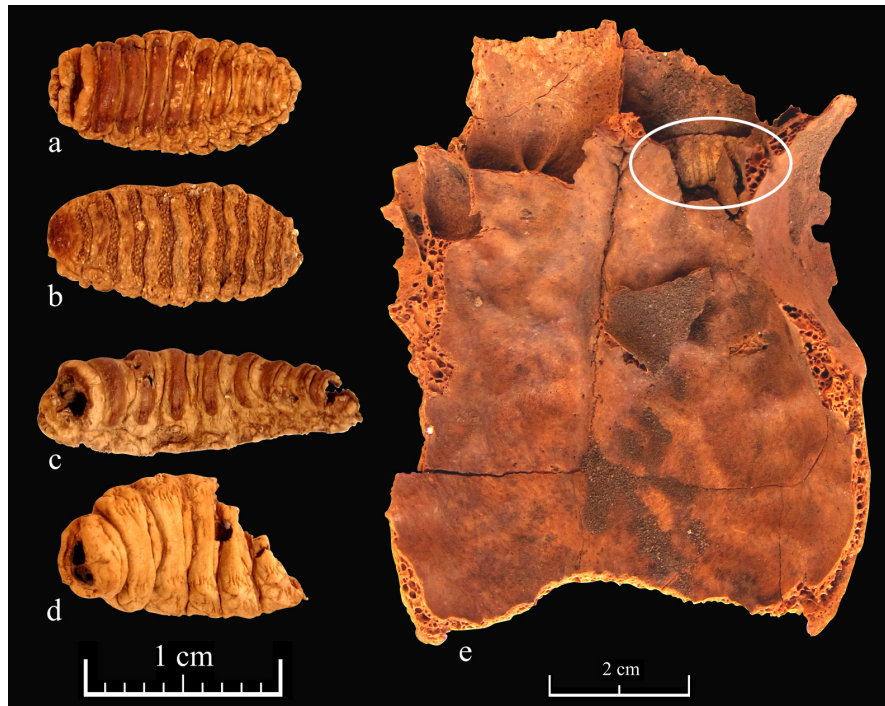


Abbildung 4.29.: Larven III von *Oestrus ovis* bei Tier 275 (a-d) und 276 (e)

mit ihrer geringeren Größe und dünneren Chitinhülle zusammenhängt. Wie massiv der Befall des Schafbestandes war, lässt sich folglich nicht sagen. Das warme Klima dürfte jedenfalls die Entwicklung und Ausbreitung von *Oestrus ovis* begünstigt haben. Während im gemäßigten Klima üblicherweise nur eine Fliegengeneration pro Jahr entsteht, da die Entwicklung der Larven im Winter sistiert, können im Mittelmeerraum zwei bis drei Fliegengenerationen pro Jahr entstehen (Eckert u. a. 2005, 477). Dies dürfte auch für Ägypten gelten.

Als Todesursache kommt ein Nasendasselbefall nur bedingt infrage. Lediglich in Einzelfällen kann es durch abgestorbene Larven zu Vereiterungen kommen, die eine Septikämie zur Folge haben können. Allerdings führen die Bewegungen der Larven zu Schleimhautentzündungen mit Nasenausfluss und beeinträchtigen das Allgemeinbefinden der Tiere deutlich. Durch die anhaltende Rastlosigkeit kann es zu Gewichtsverlusten von bis zu 20% kommen (Bostedt u. Dedié 1996, 274). Entsprechend kann davon ausgegangen werden, dass die befallenen Schafe allgemein geschwächt und somit weniger widerstandsfähig waren. Zusätzliche schwächende Faktoren, wie etwa schmerzhaftes Zahnerkrankungen, die die Nahrungsaufnahme behinderten, könnten auf diese Weise noch schneller zum Tod der Tiere geführt haben.

### 4.3.5.5. Pathologische Veränderungen an den Extremitates craniales et caudales der Schwanzwirbel

Bei acht Skeletten adulter Schafe fällt eine pathologische Veränderung der Schwanzwirbel auf. Die Extremitates craniales et caudales weisen zahlreiche Poren auf, die zum Zentrum hin häufig größer werden und konfluieren, sodass ein oder mehrere tiefe Löcher entstehen können. Die sieben in Abbildung 4.30 dargestellten Schwanzwirbel eines einzigen Tieres zeigen verschiedene typische Ausprägungen des Phänomens. Wie in diesem Fall sind häufig mehrere Schwanzwirbel eines Tieres betroffen, wenn auch nicht gleich stark. Die Analyse dieser Pathologie wird dadurch behindert, dass Schwanzwirbel im Fundgut aufgrund ihrer geringen Größe stark unterrepräsentiert sind. So lagen von vielen Schafskeletten überhaupt keine Schwanzwirbel zur Untersuchung vor. Es ist folglich wahrscheinlich, dass ein nennenswerter Anteil der Tiere betroffen war.

Dies liefert einen wertvollen Anhaltspunkt für die Suche nach möglichen Ätiologien. Verletzungen treten typischerweise als Einzeltierererkrankungen und nur in Ausnahmefällen als Bestandsproblem auf. Zudem sind die beobachteten Veränderungen nicht typisch für ein traumatisches Geschehen, wo mit reaktiven Neubildungen des Knochens zu rechnen wäre. Dass ein großer Bereich des Schwanzes gleichmäßig betroffen ist, ist ebenso wenig typisch für ein Trauma. Zwar wäre eine ursprünglich traumatische Ursache im Einzelfall vielleicht nicht auszuschließen, in der beobachteten Häufigkeit lässt sich das Phänomen dadurch aber nicht erklären.

Ein vergleichbares Phänomen findet sich hingegen bei der sogenannten Scheuermann-Krankheit des Menschen. Betroffen sind Jugendliche, bei denen während eines Wachstumsschubs die mit den Wirbelkörpern noch nicht fest verbundenen Wirbelepiphyphen vorübergehend instabil sind. Wird zusätzlich die Wirbelsäule bei schlecht entwickelter Rückenmuskulatur fehlbelastet, wie etwa durch langes gebeugtes Sitzen, so kann es zu Schäden in den Wirbelepiphyphen kommen. Es entstehen mit Bandscheibengewebe gefüllte Kavernen, die sogenannten Schmorl-Knorpelknötchen (Adler 2013, 70).

Die zwei Komponenten bei der Entstehung dieser Krankheit sind also geschwächte Wirbelepiphyphen und eine unphysiologische Belastung. Erstere könnten bei den vorliegenden Schafskeletten aus der bereits beschriebenen mangelhaften Mineralisierung des Knochengewebes (siehe Abschnitt 4.3.5.3) resultieren. Die unphysiologische Belastung dürfte im vorliegenden Fall am ehesten durch den Fettschwanz entstehen, der für das altägyptische Ammonschaf als typisch gilt (Boessneck 1988, 73 f.).

Spöttel (1928) untersuchte die Schwanzausbildung beim Karakul, einer fettschwänzigen Schafrasse. Er fand an den Schwanzwirbeln lediglich Asymmetrien. Allerdings untersuchte er nur Feten und junge Lämmer. Bei der eigenen Untersuchung von Karakulskeletten der Julius-Kühn-Sammlung in Halle an der Saale wurden jedoch in Einzelfällen Veränderungen der Schwanzwirbel gesichtet, die jenen aus dem Tierfriedhof stark ähneln. Da das Ziel der Untersuchung aber die Dokumentation der Zahnabnutzungsstadien war (siehe Mutze u. a. 2021a; Abschnitt 3.2), wurde die Karakulpopulation nicht systematisch auf die beschriebene Schwanzwirbelpathologie untersucht und die betroffenen Schwanzwirbel wurden auch nicht photographiert.

Eine gezielte Untersuchung dieser und anderer fettschwänziger Referenzpopulationen

#### 4. Ergebnisse



Abbildung 4.30.: Cranial- und Caudalansichten von sieben Schwanzwirbeln von Tier 5.

## 4. Ergebnisse

könnte erheblich zum Verständnis des beobachteten Phänomens beitragen und in Zukunft dabei helfen, die Existenz von Fettschwanzschafen im Faunenmaterial auch dort nachzuweisen, wo sie bisher nicht bekannt ist.

### 4.3.5.6. Intraartikuläre Läsionen

Zimmermann (2019) beschrieb intra- und periartikuläre Läsionen an verschiedenen Skelettelementen kleiner Wiederkäuer und untersuchte deren Zusammenhang mit den Lebensumständen der betreffenden Tiere. Ursprünglich auf dem Gebiet der Domestikationsforschung angesiedelt, liefert diese Studie wichtige Erkenntnisse, deren Bedeutung weit über dieses Fachgebiet hinausreicht. So wurden die von Zimmermann beschriebenen Läsionen an Talus und Humerus auch im Rahmen der vorliegenden Arbeit an den Schafbestattungen des Tierfriedhofs dokumentiert. Dies geschah unter Verwendung der vorgeschlagenen Einteilung in die Pathologiestufen Pat:0 bis Pat:4 (Zimmermann 2019, 43 ff.).

Dabei konnten Humeri von 95 Schafen und Tali von 86 Schafen untersucht werden. Die Läsionen treten zumeist, wie auch von Zimmermann beschrieben, rechts und links absolut symmetrisch auf. In einzelnen Fällen unterscheiden sich linke und rechte Körperseite jedoch um eine Pathologiestufe. In diesen Fällen wurden die Werte gemittelt, wodurch in dieser Studie auch Zwischenstufen auftreten. Anhand der Tiere, bei denen die Läsionen sowohl am Talus als auch am Humerus beurteilt werden können ( $n=53$ ), lässt sich die Korrelation der Pathologiestufen beider Skelettelemente untersuchen. Das Ergebnis ist in Abbildung 4.31 dargestellt. Die Graphik lässt zwar durchaus eine gewisse Korrelation erkennen, im Gegensatz zu den Ergebnissen von Zimmermann (2019, 114) ist diese rechnerisch jedoch schwach ausgeprägt und nicht signifikant (Spearman's Rho 0,26;  $p=0,056$ ). Der Grund hierfür liegt darin, dass die meisten Tiere zwar eine gute Korrelation aufweisen, jedoch auch extreme Ausreißer existieren (z.B. Talus 1 und Humerus 4,  $n=3$ ; Talus 4 und Humerus 0,  $n=2$ ). Warum solche Ausreißer hier scheinbar häufiger als in anderen Populationen vorkommen, ist aufgrund der sehr komplexen Ätiologie intraartikulärer Läsionen (siehe Zimmermann 2019, 118 ff.) schwer zu ergründen. Das arithmetische Mittel der beobachteten Pathologiestufen ist hingegen bei beiden Skelettelementen sehr ähnlich, es beträgt für den Humerus 2,10 und für den Talus 2,12.

Damit liegen die für diese Studie verwendeten Individuen in beiden Fällen zwischen den bei Zimmermann u. a. (2018, 18) und Zimmermann (2019, 80) verwendeten Referenzpopulationen „Schweizer Bergschaf“ (Humerus 1,89; Talus 1,58) und „Karakul“ (Humerus 2,81; Talus 2,69), die beide in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts im „Haustiergarten“ der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg unter gleichbleibenden Bedingungen lebten. Diese zeichnen sich durch „eine intensive Haltung mit sehr begrenztem Auslauf“ aus (Zimmermann 2019, 35). Einer der größten Unterschiede der beiden Populationen liegt in dem Umstand, dass das Karakulschaf bereits in seiner Heimat, dem heutigen Usbekistan, infolge der Selektion auf Pelzqualität nennenswerte Inzucht erfahren hatte, was beim Schweizer Bergschaf, bei dem es sich nicht um eine einzige Rasse handelt, sondern um Tiere unterschiedlicher Schläge, die aus verschiedenen Regionen der Schweiz nach Halle gebracht worden waren, nicht zu erwarten ist (Zimmermann u. a. 2018, 18; Zimmer-

#### 4. Ergebnisse

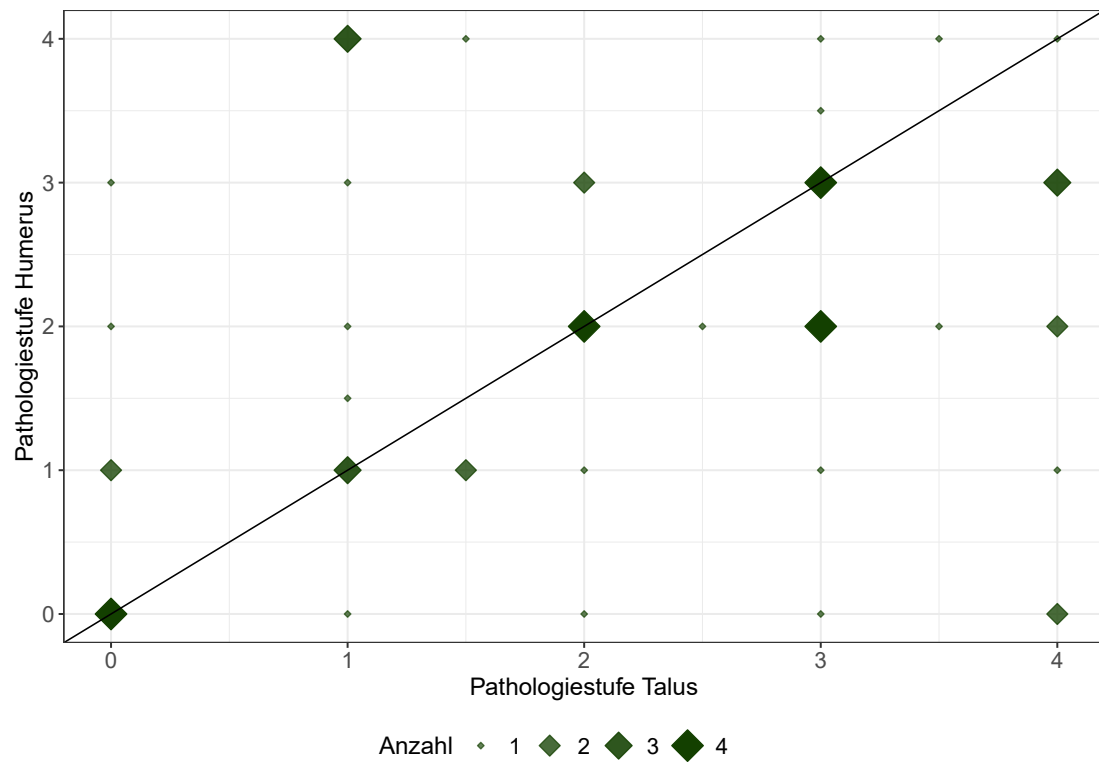


Abbildung 4.31.: Korrelation der Pathologiestufen an Talus und Humerus

#### 4. Ergebnisse

mann 2019, 34 f., 127). So wird in der genannten Studie sogar vermutet, dass die Schafe aus Schweizer Bergregionen bis zu ihrer Verbringung nach Halle einer gewissen Selektion auf Gelenkgesundheit ausgesetzt waren, da sie mutmaßlich in anspruchsvollem Gelände weideten und wenn sie sich dort verletzten, entweder starben oder dann bevorzugt geschlachtet wurden. Das Karakulschaf hingegen wurde, wie bereits erwähnt, hauptsächlich auf Pelzqualität und nicht auf Gesundheit selektiert. Da die Verwandtschaftsverhältnisse der Karakulschafe dokumentiert sind, konnte Zimmermann nachweisen, dass „die Tali der Nachkommen im Mittel die Pathologiestufe der Elterntiere aufweisen“ und daher eine erbliche Komponente nicht von der Hand zu weisen ist (Zimmermann 2019, 127). Somit ist es laut dieser Studie wahrscheinlich, dass die unterschiedlichen Pathologieprofile der beiden unter vergleichbaren Bedingungen gehaltenen Schafpopulationen genetische Ursachen hat. Zusätzlich ist allerdings auch zu bedenken, dass es sich bei den Karakulschafen um Fettschwanzschafe handelt, die bei dem Nahrungsüberangebot in Halle überdurchschnittlich an Gewicht zunahmen, wodurch die Entstehung von Gelenkpathologien vermutlich begünstigt wurde (Zimmermann 2019, 128). Aus der deutlich besseren Gelenkgesundheit der wildlebenden Referenzpopulationen (Wildschafe aus dem Zagrosgebirge und Soayschafe von St. Kilda) schließt Zimmermann, dass Bewegungsmangel der wesentlichste Faktor bei der Entstehung der beschriebenen Läsionen ist (Zimmermann u. a. 2018, 22; Zimmermann 2019, 37 ff., 123). Für den Talus konnte sie außerdem zeigen, dass sich die Läsion genau an der Stelle des Gelenks befindet, die in der Ruheposition im Stand dem größten Druck ausgesetzt ist (Zimmermann u. a. 2018, 22), was diese These zusätzlich stützt.

Somit lässt sich aus den Befunden am Talus und am Humerus der im Tierfriedhof bestatteten Schafe zweifelsfrei schließen, dass diese unter wesentlicher Einschränkung ihrer Bewegungsfreiheit gehalten wurden. Dass sie sich pathologisch zwischen den Schweizer Bergschafen und den Karakulschafen einordnen, könnte daran liegen, dass sie nicht so stark von Inzucht betroffen und nicht so übergewichtig waren wie die Karakulschafe, aber auch nicht, wie möglicherweise die Schweizer Bergschafe, eine gezielte Selektion auf Gelenkgesundheit erfahren haben. Die Entstehung solcher Läsionen kann aber von so vielen Faktoren beeinflusst werden (zur Ätiologie siehe Zimmermann 2019, 118 ff.), dass diese Aussage letztlich eine Vermutung bleiben muss.

Bei der Analyse der Schafskelette aus dem Tierfriedhof fiel eine weitere intraartikuläre Läsion auf, die an dieser Stelle beschrieben werden soll, und zwar an den Metapodien. Diese Läsion ist an der distalen Gelenkfläche von Metacarpus und Metatarsus, jeweils abaxial der Sagittalkämme lokalisiert. Meist ist sie am medialen Rollkamm stärker ausgeprägt als am lateralen, häufig findet sie sich auch nur an ersterem, vor allem am Metatarsus (siehe Abb. 4.33). Abbildung 4.32 zeigt die Läsion in recht starker Ausprägung. Auch hier ist der mediale Rollkamm stärker betroffen (im Bild links), wenn auch nur geringfügig. Weder an der Läsion selbst noch am umliegenden Knochen finden sich Anzeichen einer Entzündung, das Knochengewebe ist nicht reaktiv. Da die Läsion typischerweise eine rundliche bis ovale Form besitzt und nicht tief ist, ist es zweckmäßig, als Maß für ihre Ausprägung Länge und Breite anzugeben. Wird für statistische Betrachtungen ein einzelnes Maß für die Ausprägung dieser Läsion benötigt, lässt sich hieraus auch näherungsweise die Fläche berechnen, indem die Form einer Ellipse zugrunde gelegt



#### 4. Ergebnisse

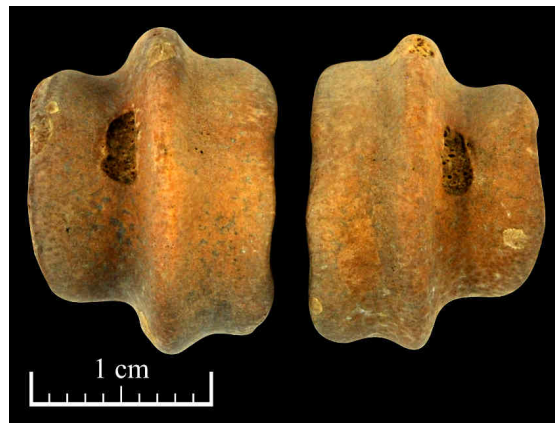


Abbildung 4.32.: Typische Läsionen an den distalen Gelenkflächen des rechten Metacarpus von Tier 84.

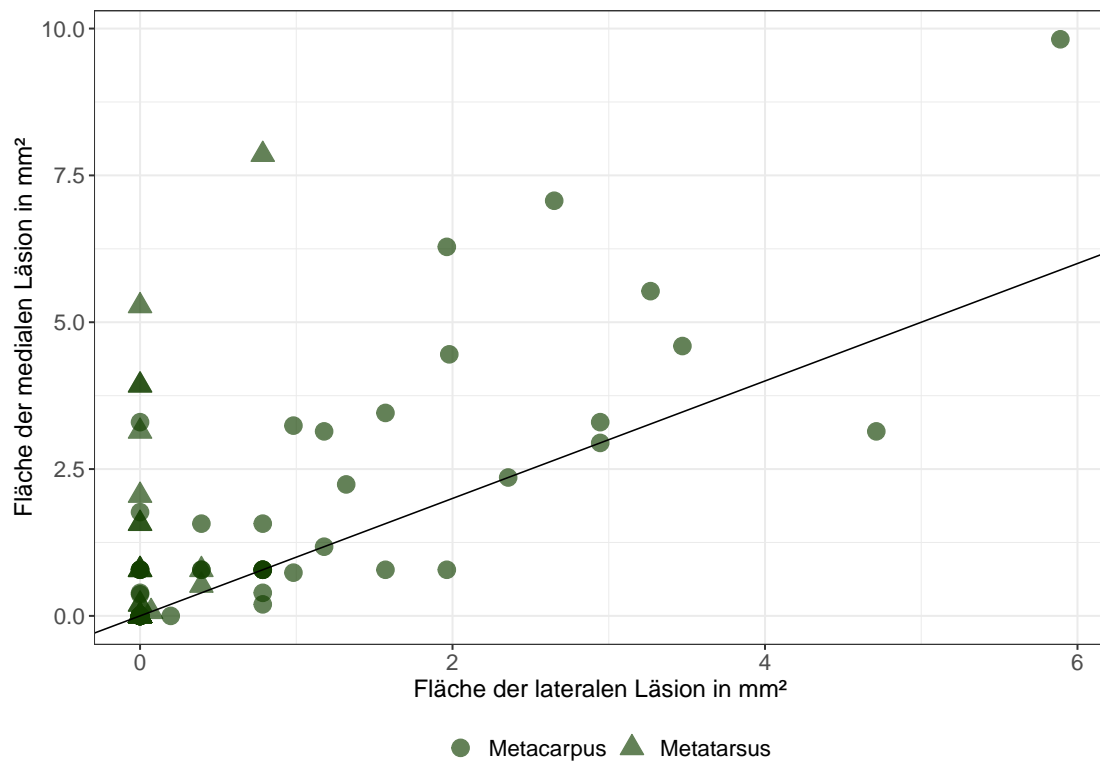


Abbildung 4.33.: Verhältnis lateraler und medialer Läsionen zueinander bei Metatarsus (n=34) und Metacarpus (n=60).

#### 4. Ergebnisse

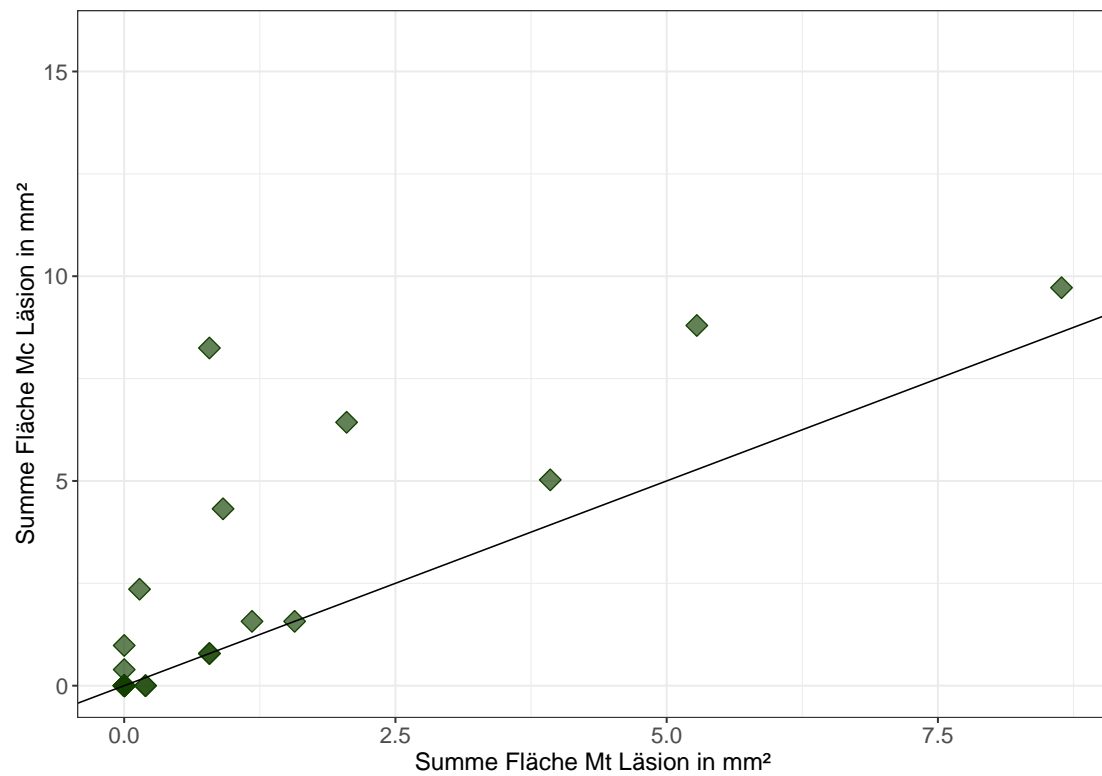


Abbildung 4.34.: Korrelation der Gesamtläsionsflächen (lateral und medial) von Metatarsus und Metacarpus, n=27

#### 4. Ergebnisse

wird:

$$Fläche = \pi \cdot \frac{Länge}{2} \cdot \frac{Breite}{2}$$

In dem hier beschriebenen Fundgut können Metacarpi von 60 und Metatarsi von 34 Schafen an beiden Rollkämmen hinsichtlich dieser Läsion beurteilt werden. Davon liegen bei 27 Tieren beide Skelettelemente voll beurteilbar vor. Wie bereits von Zimmermann (2019, 123) für Talus und Humerus festgestellt, scheint auch die Läsion an den Metapodien in keinem Zusammenhang mit dem Geschlecht und dem Alter der Tiere zu stehen. Aufgrund der ohnehin für statistische Zwecke eher geringen Stückzahlen wird daher auf eine nach diesen Kriterien getrennte Auswertung verzichtet. Um die Korrelation der Läsionen von Metatarsus und Metacarpus zu untersuchen, wurden zunächst für jedes Exemplar die Flächen der lateralen und medialen Läsionen addiert, um für jeden Knochen ein einziges Maß für die Läsionsausprägung zu erhalten. Das Verhältnis der Läsionen an Metatarsus und Metacarpus zueinander ist in Abbildung 4.34 dargestellt. Neben einer ausgeprägten Korrelation, die auch rechnerisch signifikant ist (Spearman's Rho 0,85;  $p=0,0000$ ), fällt auf, dass der Metacarpus fast immer stärker betroffen ist als der Metatarsus. Nur zwei Tiere zeigen ein umgekehrtes Bild, bei ihnen ist am Metatarsus eine geringgradige Läsion vorhanden, am Metacarpus jedoch nicht. Bei drei Tieren sind die Läsionen an Metacarpus und Metatarsus genau gleich stark ausgeprägt.

Bekanntermaßen lastet beim Schaf, wie bei allen größeren pflanzenfressenden Säugetieren, mehr Gewicht auf den Vordergliedmaßen als auf den Hintergliedmaßen und innerhalb jeder Gliedmaße mehr Gewicht medial als lateral. Die Tatsache, dass die Läsion meist am Metacarpus stärker ausgeprägt ist als am Metatarsus und medial stärker als lateral, kann folglich als Indiz dafür gewertet werden, dass ein erhöhter intraartikulärer Druck das Entstehen dieser Läsion begünstigt. Wie von Zimmermann u. a. (2018, 22) für den Talus gezeigt, hat es auch bei den Metapodien den Anschein, dass die Läsion an der Stelle lokalisiert ist, auf der der größte Druck lastet, wenn das Tier steht. Es darf daher vermutet werden, dass auch diese Läsionen mit eingeschränkter Bewegung in Zusammenhang stehen. Eine Reihe weiterer Faktoren, wie z.B. parasitäre Erkrankungen oder Mangelerscheinungen, könnten allerdings ebenfalls eine Rolle spielen (vgl. Zimmermann 2019, 118 ff.).

Vergleicht man die Metapodienläsionen mit den Läsionen an Talus und Humerus, so ist lediglich die Korrelation zwischen Metatarsus und Talus signifikant (Spearman's Rho 0,42;  $p=0,041$ ). Die anderen Kombinationen zeigen keine signifikante Korrelation, was angesichts der mutmaßlich ähnlichen Ätiologie verwundert. Daher sollten die Läsionen der Metapodien an weiteren Populationen, idealerweise an solchen mit bekannten Lebensumständen, untersucht werden. Erst dann lassen sich möglicherweise aus dem Auftreten und der Ausprägung dieser Läsionen verlässliche Schlüsse ziehen. Die Ausprägungen der intraartikulären Läsionen an Talus, Humerus und Metapodien bei den einzelnen Schafbestattungen sind in Anhang B.2 aufgeführt.

### 4.3.5.7. Verspäteter Epiphysenfugenschluss

Wie bereits in Abschnitt 4.3.5.2 ausgeführt, wurde bei den Schafen des Tierfriedhofs eine nennenswerte Diskrepanz zwischen Zahnalter und Epiphysenalter festgestellt, die sich prinzipiell durch eine beschleunigte Zahnabnutzung oder einen verspäteten Epiphysenfugenschluss erklären lässt. Eine beschleunigte Zahnabnutzung konnte für dieses Fundgut zweifelsfrei nachgewiesen werden (Mutze u. a. 2021a, siehe Abschnitt 3.2; Mutze u. a. 2021b, siehe Abschnitt 3.3) und kann als Hauptursache der genannten Diskrepanz gelten. Allerdings gibt es Hinweise darauf, dass zusätzlich die Epiphysenfugen bei diesen Tieren verspätet schlossen. In einer groß angelegten Studie an Shetlandschafen konnte gezeigt werden, dass eine energieärmere Ernährung unter Vermeidung eines klinisch relevanten Mangels bereits zu einem signifikant späteren Epiphysenschluss führt (Popkin u. a. 2012), während der Zahndurchbruch dadurch nicht signifikant beeinflusst wird (Worley u. a. 2016). Da das Zahnalter unterhalb von ca. 24 Monaten (Wechsel der Prämolaren, Habermehl 1975, 123) hauptsächlich durch den Zahndurchbruch und kaum durch die Zahnabnutzung bestimmt wird, ist die Altersschätzung nach dem Zahnstatus in diesem Altersbereich entsprechend als verlässlicher anzusehen als die nach dem Epiphysenstatus. In Abbildung 4.35 ist eine Gruppe von Tieren markiert, deren Zahnalter unter 24 Monaten und dennoch deutlich höher als ihr Epiphysenalter liegt. Wird das Zahnalter dieser Tiere als korrekt angenommen, folgt daraus zwangsläufig ein verspäteter Epiphysenschluss. Dieser kann einerseits durch die sehr wahrscheinliche Mangelernährung (siehe Abschnitt 4.3.5.3) erklärt werden. Andererseits könnte er auch auf die Existenz kastrierter männlicher Tiere hindeuten, deren Epiphysen erwiesenermaßen später schließen (siehe dazu Abschnitt 4.3.3).

#### 4. Ergebnisse

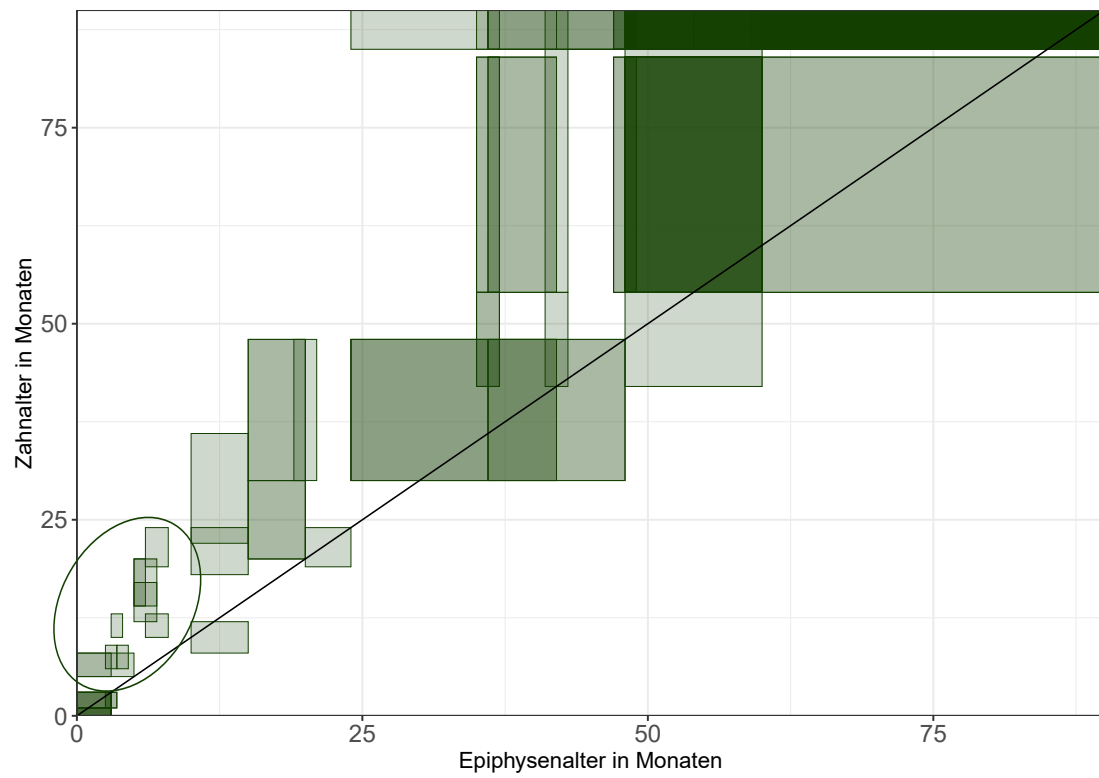


Abbildung 4.35.: Zahnalter versus Epiphysenalter

### 4.3.5.8. Traumatische Veränderungen

Traumata stellen die mit Abstand größte Gruppe pathologischer Veränderungen bei den Schafen des Tierfriedhofs dar. Bei den 246 Schafindividuen wurden insgesamt 452 traumatisch veränderte Knochen dokumentiert, was einer Anzahl von 1,84 pro Individuum entspricht. Obwohl diese Zahl bereits beeindruckend hoch ist, muss mit einer nennenswerten Dunkelziffer gerechnet werden, da viele Skelette bei weitem nicht vollständig sind. Dass außerdem viele Tiere sehr jung waren und noch keine Traumata aufwiesen, macht deutlich, dass bei vielen älteren Tieren die Anzahl traumatisch veränderter Knochen umso höher lag. Wie bereits in Abschnitt 4.3.5.3 erläutert, hängt die hohe Anzahl traumatischer Veränderungen wohl mit einer mangelhaften Mineralisierung und damit geringeren Stabilität des Skeletts zusammen. Aussagekräftiger als ihre bloße Anzahl ist daher die Verteilung der Traumata über das Skelett.

Abbildung 4.37 zeigt die Verteilung der Traumata im Tierfriedhof im Vergleich mit einer Studie von Bartosiewicz (2008), in die er traumatische Veränderungen aus verschiedenen archäozoologischen Publikationen einbezieht. Um eine Unterrepräsentation der schwer artbestimmbaren Skelettelemente wie Rippen und Wirbel zu vermeiden, betrachtet dieser Autor Schaf und Ziege gemeinsam. Bei den 49 in Abbildung 4.37 dargestellten traumatisch veränderten Schaf- und Ziegenknochen aus dieser Studie handelt es sich ausnahmslos um Siedlungsabfall, bestattete Tiere wurden von der Untersuchung ausgeschlossen. Demgegenüber stehen die 452 traumatisch veränderten Schafknochen aus dem Tierfriedhof, die in Anhang B.1 einzeln aufgeführt sind. Während sowohl im Siedlungsabfall als auch im Tierfriedhof etwa ein Drittel aller Traumata auf die Rippen entfällt und die Knochen des Kopfes wenig betroffen sind, unterscheidet sich die Verteilung der Wirbel- und Gliedmaßen-traumata sehr deutlich. Fast 60 Prozent der Traumata bei den Schafen des Tierfriedhofs betreffen die Wirbelsäule, wohingegen im Siedlungsabfall kaum traumatisch veränderte Wirbel auftreten. Ein umgekehrtes Bild zeigt sich bei den Knochen der Gliedmaßen, sie machen im Siedlungsabfall einen deutlich größeren Teil aus als im Tierfriedhof. Allerdings weisen die Knochen des Zonopodiums, also Scapula und Coxa, eine Besonderheit auf. Unter den wenigen traumatisch veränderten Gliedmaßenknochen im Tierfriedhof machen sie mehr als die Hälfte aus, während sie im Siedlungsabfall kaum eine Rolle spielen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Wirbelsäule und Gliedmaßen-gürtel bei den Schafen des Tierfriedhofs deutlich häufiger von Traumata betroffen sind als man dies aus Siedlungsabfällen kennt.



Abbildung 4.36.: Lendenwirbel mit frakturierten Processus spinosi bei Tier 59

#### 4. Ergebnisse

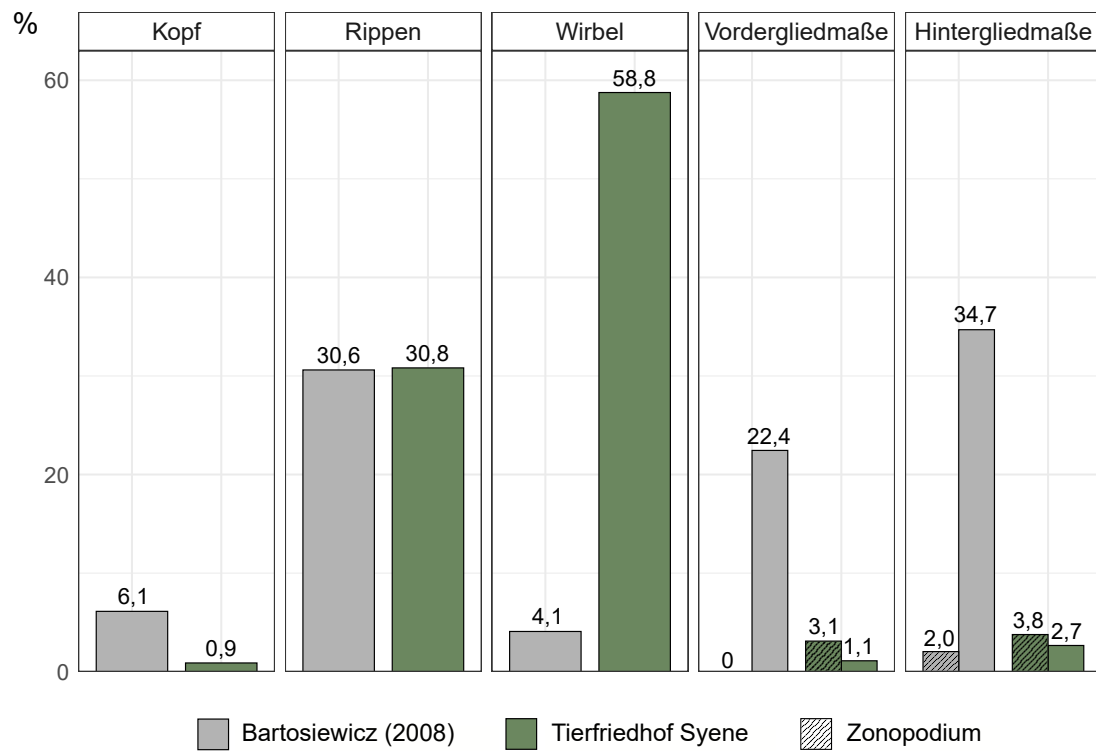


Abbildung 4.37.: Verteilung der traumatischen Veränderungen über das Skelett nach Bartosiewicz (2008) (n=49) und im Tierfriedhof Syene (n=452).



### 4.4. Hunde

Nach dem Schaf ist der Hund mit 56 Individuen die zweithäufigste Tierart unter den Bestattungen des Tierfriedhofs. Das Geschlechterverhältnis dieser Tierart lässt sich nicht auswerten, da keines der Skelette so vollständig ist, dass vom Fehlen eines Penisknochens auf das Vorliegen eines weiblichen Tieres geschlossen werden dürfte. Somit konnte das Geschlecht nur bei den Hunden zweifelsfrei bestimmt werden, bei denen ein Penisknochen vorlag. Dies war bei drei Hundebestattungen (Tiere 75, 185 und 274) der Fall.

#### 4.4.1. Habitus der Hunde

Laut Boessneck (1988, 84) war die Masse der in Spät- und Römerzeitlichen Hundefriedhöfen bestatteten Hunde „mittelgroß und von mittelschlankem Wuchs“. Ersteres deckt sich mit den Befunden des Tierfriedhofs von Syene.

Abbildung 4.38 zeigt Widerristhöhen und *LSI*-Werte von 22 Bestattungen adulter Hunde im Vergleich mit rezenten Hunderassen, deren Maße der Publikation von Wagner (1930) entnommen sind. Die meisten der bestatteten Hunde weisen Widerristhöhen um 50 cm auf und können damit durchaus als mittelgroß gelten. Allerdings fallen auch drei Individuen mit Widerristhöhen zwischen 30 und 40 cm auf, die bereits als Kleinhunde anzusprechen sind. In der Wuchsform, also dem Verhältnis zwischen Breitenmaßen, hier zusammengefasst mit dem *LSI*, und Widerristhöhe, sind allerdings alle Individuen sehr ähnlich. Im Vergleich mit rezenten Hunderassen fällt auf, dass die bestatteten Hunde in einer Linie mit Zwergpinscher, Whippet, Pudel und Setter liegen, während Dachshund, Foxterrier, Bulldogge und Pointer bei gleicher Widerristhöhe einen höheren *LSI*, also einen stämmigeren Wuchs aufweisen. Zunächst mag dies verwundern, da Pudel und Setter nicht so schlankwüchsig wirken wie Zwergpinscher und Whippet. Dies ist jedoch vorwiegend auf ihr längeres Fell zurückzuführen, das im Fall des Pudels sogar außergewöhnlich voluminös ist und somit die Körperform optisch stark verändert. Da der Whippet, der sich auch bezüglich der Widerristhöhe inmitten der bestatteten Hunde einreicht, zu den Windhunden zählt, können diese Tiere durchaus als „windhundartig“, also sehr schlankwüchsig, bezeichnet werden.

Die einheitliche Wuchsform der Tiere erweist sich als günstig für die isolierte Betrachtung des *LSI* (Abbildung 4.39), für die 31 adulte Individuen zur Verfügung stehen. Hier zeigt sich noch deutlicher eine Zweiteilung in größere Hunde mit einem *LSI* von -0,14 bis 0,02 und kleinere Hunde mit einem *LSI* von -0,28 bis -0,19. Die gute Korrelation zwischen *LSI* und Widerristhöhen erlaubt, diese Werte mit Widerristhöhen von ca. 42 bis 56 cm für die größeren Hunde und ca. 28 bis 38 cm für die kleineren Hunde zu assoziieren. Diese Zweiteilung ist jedoch nicht stark genug ausgeprägt, um von zwei verschiedenen Rassen oder Hundetypen zu sprechen, da sich auch zufällig verteilte Werte meist lokal häufen, wodurch auch zufällige Datenlücken entstehen.

Die große Variation in der Körpergröße steht in Kontrast zu der sehr ähnlichen Wuchsform der Hunde. Insofern ist die Frage nach einer gezielten Zuchtauslese nicht zu beantworten. Falls eine solche stattgefunden hat, bezog sie sich offenbar vor allem auf die Körpergröße und nicht auf die Wuchsform. Die zum Vergleich dargestellten Ptolemäer-

#### 4. Ergebnisse

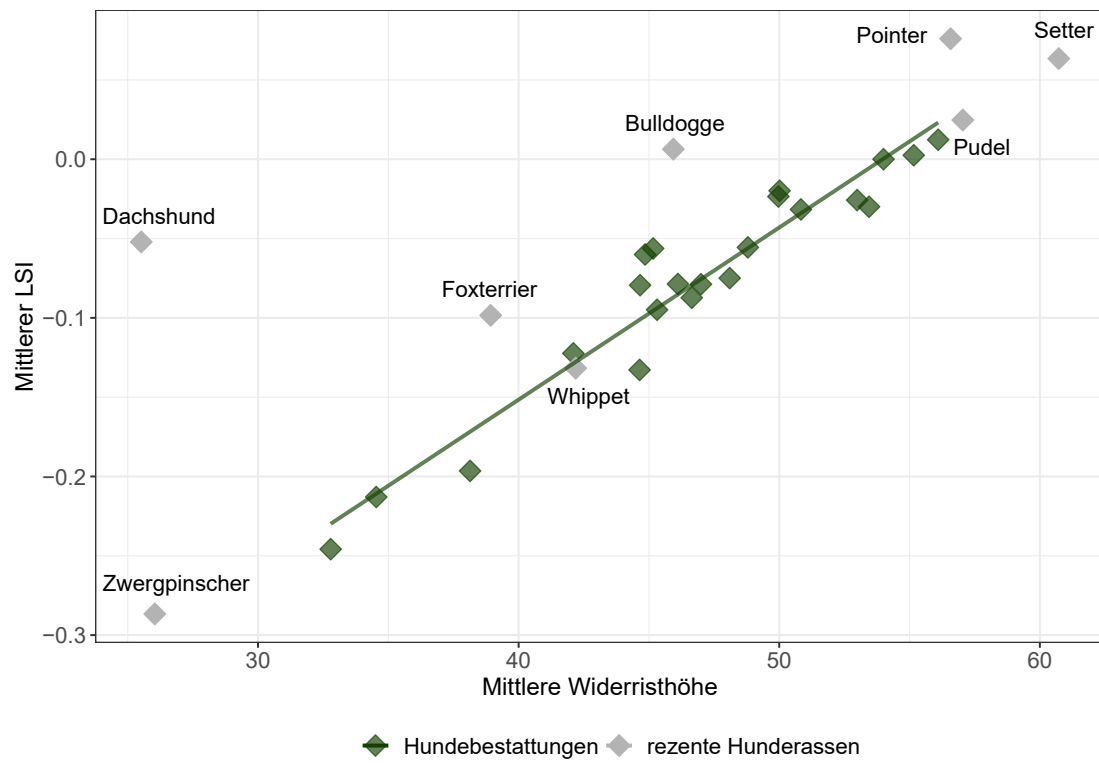


Abbildung 4.38.: Vergleich der Hundebestattungen (n=22) mit rezenten Hunderassen (nach Wagner 1930) auf Basis von Widerristhöhen und *LSI*

#### 4. Ergebnisse

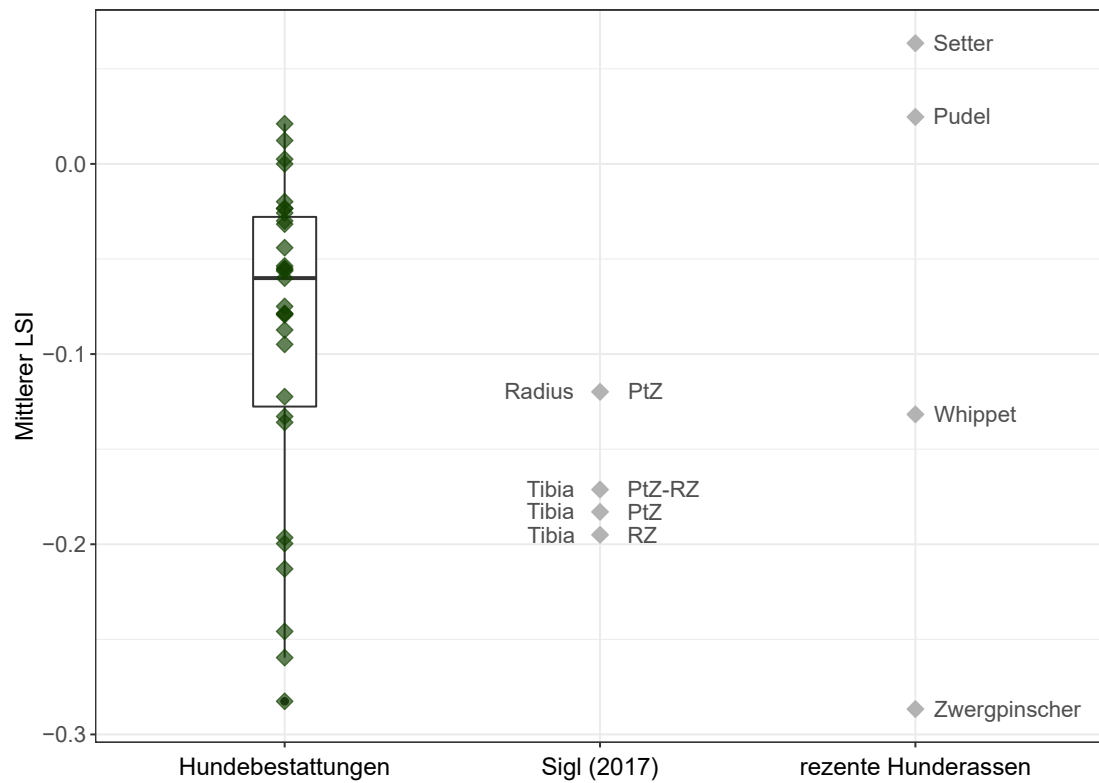


Abbildung 4.39.: *LSI* der Hundebestattungen (n=31) im Vergleich mit Skelettfunden aus der Siedlung von Syene (Sigl 2017) und rezenten Hunderassen (nach Wagner 1930)

#### 4. Ergebnisse

bis Römerzeitlichen Knochenfunde aus der Siedlung von Syene (Sigl 2017) passen gut ins Größenspektrum der Funde aus dem Tierfriedhof, allerdings macht die Box in Abbildung 4.39 deutlich, dass der Großteil der bestatteten Hunde größer war als die Hunde aus der Siedlung. Die Anzahl der Siedlungsfunde ( $n=4$ ) ist jedoch zu gering, um hieraus eindeutige Schlüsse zu ziehen. Von den rezenten Hunderassen sind in Abbildung 4.39 zum Größenvergleich lediglich jene dargestellt, die in ihrer Wuchsform den bestatteten Hunden entsprechen, da es nur in diesem Fall zulässig ist, von den *LSI*-Werten auf die Größe der Tiere zu schließen.

Die sehr einheitliche Wuchsform der Hunde ist insofern interessant, als aus dem Alten Ägypten mehrere recht unterschiedliche Hundetypen bekannt sind, sowohl aus bildlichen Darstellungen als auch in Form von Knochenfunden (vgl. Boessneck 1988, 83 ff.; Kitagawa 2016, 46), darunter stämmige und sogar chondrodystrophische Typen. Wie sowohl aus dem Vergleich von Größter Länge und Kleinster Diaphysenbreite des Humerus als auch aus dem Verleich von Widerristhöhe und Radiusindex hervorgeht, waren die von Kitagawa (2016, 57 f.) untersuchten Hunde aus dem Hundefriedhof von Asyut tatsächlich recht vielgestaltig in ihrer Wuchsform, zumindest deutlich weniger einheitlich als die Hunde aus dem Tierfriedhof von Syene. Besonders die kleinen Hunde scheinen stämmiger gewesen zu sein. Insofern ist das Auftreten kleiner, windhundartig schlanker Hunde ein auffälliges Merkmal in Syene. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass der Hundefriedhof von Asyut über eine sehr lange Zeit, vermutlich vom Alten Reich bis in die Römerzeit (vgl. Kitagawa 2016, 2), genutzt wurde, während die Nutzungsdauer des Tierfriedhofs von Syene lediglich ca. dreihundert Jahre betrug. In einer so langen Zeit ( $>2000$  Jahre) erscheint es nicht ungewöhnlich, dass verschiedene Hundetypen gehalten werden, manche neu entstehen und manche vielleicht auch wieder verschwinden.

Die Auswertung der Schädelform der in Syene bestatteten Hunde gestaltet sich schwierig, da die meisten Schädel stark fragmentiert sind. Lediglich ein Schädel konnte einigermaßen vollständig vermessen werden. Er ist in Abbildung 4.40 dargestellt. Dieser Schädel besitzt einen Gaumenindex ( $\frac{\text{GröÙte Gaumenbreite}}{\text{GröÙte Gaumenlänge}} \cdot 100$ ) von 68,3% und fällt damit laut Peters (1998, 181) eindeutig in den dolichocephalen Bereich (bis 74,99%). Das von Sigl (2017) untersuchte Material aus den Siedlungsgrabungen in Assuan enthielt nur Schädelfragmente, die nicht vermessen werden konnten. „Rein optisch konnten jedoch alle als dolichocephal, jedoch nicht übermäßig schmalköpfig, eingestuft werden“ (Sigl 2017, 85).



Abbildung 4.40.: Schädel von Tier 187. Das Geschlecht dieses Tieres ist unbekannt. Gesichtskrümmung des Whippets nach Wagner (1930, 51) in rot.

#### 4. Ergebnisse

Da die postkranialen Befunde der im Tierfriedhof bestatteten Hunde auf eine Ähnlichkeit mit dem Whippet hindeuten, erscheint ein Vergleich mit dessen Schädelmaßen ebenfalls angebracht. Wagner (1930, 44) gibt den mittleren Gaumenindex des Whippets mit 67,3% an. Er unterscheidet sich somit kaum von dem oben genannten Befund aus dem Tierfriedhof. Die von Wagner für den Whippet dargestellte Gesichtskrümmungslinie (in Abb. 4.40 rot dargestellt) passt ebenfalls gut, wenngleich die Anpassung nicht exakt möglich ist, da der Schädel nicht genau im Profil fotografiert wurde.

Um einen Vergleich der sonstigen Schädelmaße zu ermöglichen, wurden mithilfe der Methoden von Brinkmann (1924) und Dahr (1937) zunächst aus verschiedenen Maßen der meist vollständiger erhaltenen Unterkiefer die Basallängen der dazugehörigen Schädel berechnet (von den Driesch 1976, 61, Maße 22, 23, 24 und 26). Anhand dieser Basallängen wurden nun die Maße des jeweiligen Fundschädels unter Beibehaltung der Schädelproportionen des Whippets (Maße nach Wagner 1930, 131) mit folgender Formel berechnet und die berechneten Messstrecken mit den tatsächlich gemessenen verglichen.

$$(\text{berechnete Messstrecke Fund} = \frac{\text{Basallänge Fund}}{\text{Basallänge Whippet}} \cdot \text{Messstrecke Whippet})$$

Insgesamt konnten auf diese Weise 24 Maße von 6 Fundschädeln untersucht werden. 13 dieser Maße sind größer als nach der Berechnung, 5 kleiner und 6 gleich (Unterschied < 1 mm). Der größte Unterschied zwischen einem berechneten und einem gemessenen Maß beträgt 7,9 mm. Bei den Messstrecken, für die mehr als ein Maß vorliegt, ist die Abweichung meist unterschiedlich gerichtet. Lediglich drei Messstrecken weisen eine konsistente Abweichung auf und zwar dergestalt, dass die tatsächlich gemessenen Strecken größer sind als die nach den Proportionen des Whippets berechneten. Dies betrifft die Schädelmaße 38, 39 (Schädelhöhe mit und ohne Crista sagittalis) und 23 (Größte Breite des Occipitaldreiecks) (nach von den Driesch 1976). Für die Messstrecken 38 und 39 liegen jeweils zwei Maße vor, für die Messstrecke 23 sogar vier. Diese Ergebnisse können als Indiz dafür gewertet werden, dass die Hinterschädel der bestatteten Hunde etwas höher und breiter waren als dies beim Whippet der Fall ist. Die Datenbasis reicht jedoch nicht aus, um darüber Sicherheit zu erlangen, zumal bei der Schädelform auch mit einem Geschlechtsdimorphismus zu rechnen ist und die Geschlechter sowohl der bestatteten Hunde als auch der von Wagner (1930) vermessenen Whippetsschädel größtenteils nicht bekannt sind.

Im Großen und Ganzen lässt sich sagen, dass die Schädel- wie auch die Körperproportionen der bestatteten Hunde denen des Whippets erstaunlich ähnlich sind. Diese Befunde sagen selbstverständlich lediglich etwas über die osteomorphologische Ähnlichkeit, nicht jedoch über die genetische Verwandtschaft aus. Aus bildlichen Darstellungen ist bekannt, dass es im Alten Ägypten windhundartige Hunde sowohl mit Steh- als auch mit Hängeohren und mit Ringelschwänzen wie auch mit gerader Rute gegeben hat (Boessneck 1988, Abb. 87; von den Driesch u. Peters 2003, Abb. 1-16c). Leider lassen die Funde aus dem Tierfriedhof bezüglich dieser Merkmale keine Aussage zu.

### 4.4.2. Altersverteilung der Hunde

Die Altersverteilung der im Tierfriedhof bestatteten Hunde ist in Abbildung 4.41 dargestellt. Nach dem Schluss der Wirbelepiphyse im Alter von 24 Monaten ist keine belastbare Aussage über das Lebensalter mehr möglich, daher ist die Darstellung der Altersverteilung auf 25 Monate begrenzt. Der letzte Balken bildet somit all diejenigen Individuen ab, die zum Zeitpunkt ihres Todes älter als 24 Monate waren. Welches Alter sie tatsächlich erreichten, lässt sich nicht sagen. Allerdings deuten mehrere Fälle extremer Zahnabnutzung (siehe Abschnitt 4.4.3.1) darauf hin, dass zumindest einige Individuen ein deutlich höheres Alter erreichten. Die Altersverteilung zeigt, dass die bestatteten Hunde größtenteils entweder sehr jung oder ausgewachsen waren. Wie auch beim Schaf ist dies ein Zeichen dafür, dass es sich um verendete Tiere handelt, da auch Hunde im jugendlichen Alter besonders anfällig für verschiedene Infektionskrankheiten sind. Besonders Staupe, Hepatitis contagiosa canis, Parvovirose und die Hunde-Herpesvirusinfektion verlaufen bei Welpen und Junghunden besonders schwer und ohne Behandlung nicht selten tödlich (Suter 2001, 328, 332, 334 f., 339).

#### 4. Ergebnisse

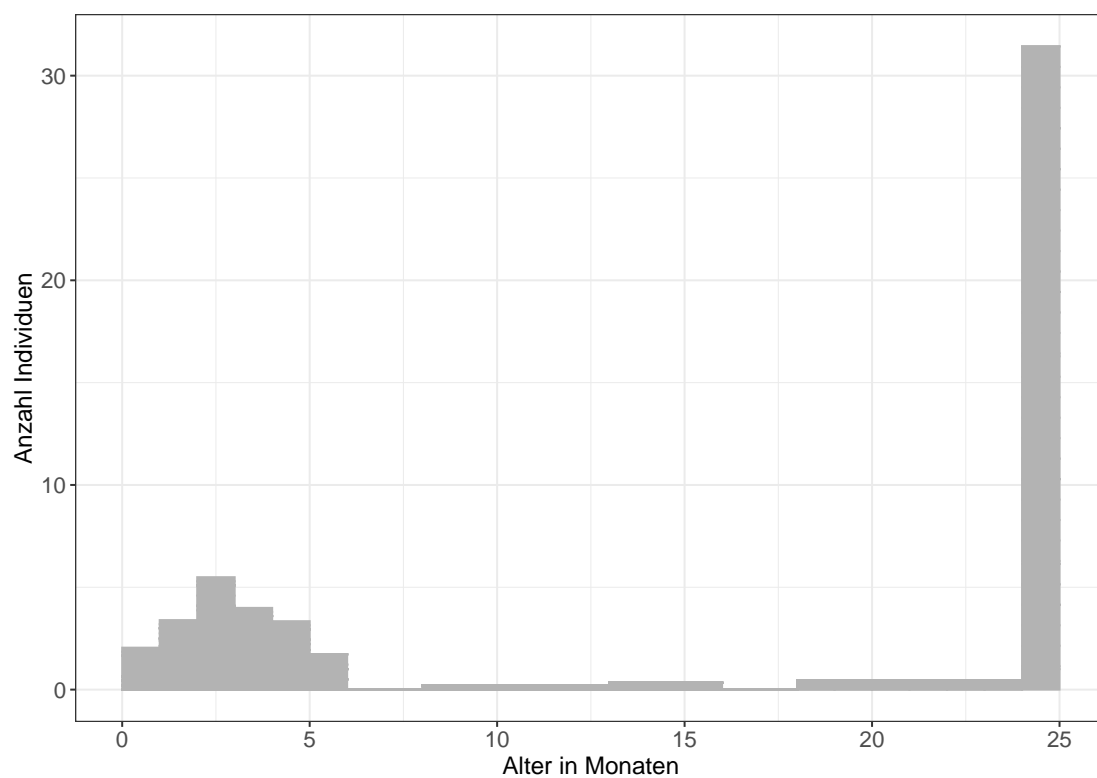


Abbildung 4.41.: Altersverteilung der Hunde nach Zahndurchbruch und Epiphysenstatus. Darstellung der Altersspannen mittels Aoristischer Summen (siehe Abschnitt 2.2.2.4).

### 4.4.3. Gesundheitsstatus der Hunde

#### 4.4.3.1. Zahnprobleme

An den Zähnen der adulten Hunde konnten in mehreren Fällen pathologische Erscheinungen beobachtet werden. Bei 23 der 34 Bestattungen ausgewachsener Hunde fehlen die Zähne oder sind so stark fragmentiert, dass sie nicht beurteilt werden konnten. Von den verbleibenden 11 weisen 5 eine starke Zahnabnutzung mit großflächiger Dentinexposition auf. Abbildung 4.42 zeigt einen solchen Fall. Der P<sup>4</sup> ist hier so stark abgenutzt, dass er beinahe nur noch aus Wurzelstummeln besteht. M<sup>1</sup> und M<sup>2</sup> sind bereits *intra vitam* ausgefallen, die Alveolen haben sich geschlossen. Ein Zahnverlust zu Lebzeiten wurde noch bei zwei weiteren Individuen festgestellt, die beide ebenfalls eine starke Zahnabnutzung zeigten. Der Zusammenhang zwischen beiden Phänomenen ist selbsterklärend.

Auffällig ist hingegen das Fehlen von Perio- und Parodontitiden, die bei den Schafen des Tierfriedhofs häufig zu finden sind und heute einen häufigen Befund bei mitteltalten bis älteren Hunden darstellen (Suter u. a. 1994, 490 f.). Diese entstehen häufig infolge von Zahnsteinbildung, die ebenfalls bei keinem der Hunde festgestellt werden konnte. Dies mag damit zusammenhängen, dass die bestatteten Hunde sich im Gegensatz zu den heute lebenden verhältnismäßig naturnah ernährten. Insbesondere ausgiebiges Kauen härterer Gegenstände wie Knochen bewirkt eine mechanische Reinigung der Zähne, die die Entstehung von Zahnstein verhindert und somit entzündlichen Erkrankungen des Zahnfleisches und des Zahnhalteapparats vorbeugt (Suter u. a. 1994, 485). Die starke Zahnabnutzung bei einigen Hunden spricht dafür, dass diese, ähnlich wie die Schafe, Futter aufnahmen, das mit Sand verschmutzt war. Vermutlich wurden sie mit Schlachtabfällen ernährt, die knöcherne und sehnige Strukturen enthielten und vor dem Abschlucken zunächst langwierig zerkaut werden mussten. Diese Tätigkeit verrichteten Hunde meist im Liegen und somit kann es bei sandigem Untergrund nicht ausbleiben, dass Sandkörner mitgefressen werden. Dies bewirkt zwar eine beschleunigte Zahnabnutzung, scheint sich aber ansonsten auf die Zahngesundheit der bestatteten Hunde eher positiv ausgewirkt zu haben, verglichen mit dem Fressverhalten der meisten heutigen Haushunde. Auch Karies fand sich nur bei einem einzigen Tier (Abbildung 4.43) und zwar am stark abgenutzten linken M<sub>1</sub>. Dies steht in Kontrast zu den Befunden beim Schaf, lässt sich aber dadurch erklären, dass Karies beim Hund hauptsächlich durch kohlenhydratreiches, insbesondere zuckerhaltiges Futter begünstigt wird (Suter u. a. 1994, 490). Die bestatteten Hunde scheinen solches nicht regelmäßig erhalten zu haben, was auch nicht zu erwarten gewesen wäre.



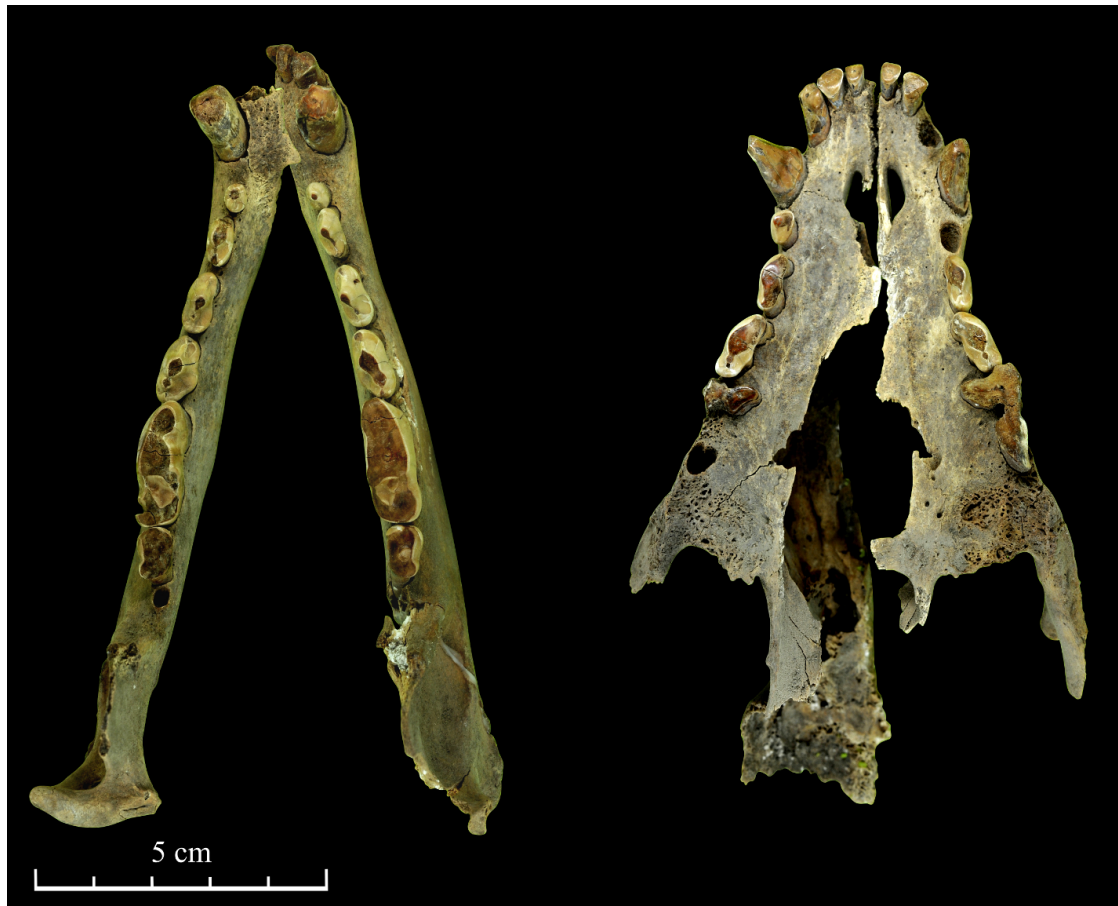


Abbildung 4.42.: Stark abgenutztes Gebiss mit großflächiger Dentinexposition und *intra vitam* Zahnverlust bei Tier 175.



Abbildung 4.43.: Linke Mandibula von Tier 172 mit starker Abnutzung und Karies am linken  $M_1$ . Infolge der starken Abnutzung ist der Zahn zwischen den beiden Wurzeln auseinander gebrochen. Der rostrale Teil wurde nicht geborgen.

##### 4.4.3.2. Traumatische Veränderungen

Auch bei den Hundebestattungen machen traumatische Veränderungen den größten Teil der pathologischen Erscheinungen aus. Wie bei den Schafen (siehe Abschnitt 4.3.5.8) lohnt auch hier ein Blick auf die Verteilung der Traumata über das Skelett im Vergleich mit der von Bartosiewicz (2008) bei Carnivorenknochen aus Siedlungsabfällen beobachteten Verteilung. Tabelle 4.2 zeigt das Ergebnis dieses Vergleichs. Während Traumata des Kopfes im Siedlungsabfall vergleichsweise häufig vorkommen ( $n=8$ ; 28%), stellen sie bei den Hundebestattungen aus Syene die Ausnahme dar ( $n=1$ ; 1%). Dafür wurden hier 49 Traumata an Wirbeln festgestellt (54%), die im Siedlungsabfall überhaupt nicht zu finden sind. Der Anteil der Rippentraumata ist in beiden Verteilungen sehr ähnlich (Syene 23%; Siedlung 24%).

Unter den Gliedmaßenknochen sind in Siedlungsabfällen besonders Radius, Ulna und Femur betroffen, während bei den Hundebestattungen Scapula, Fibula und Metatarsus hervorstechen. Die Diskrepanz bei den Traumata der Fibula könnte taphonomisch bedingt sein, da diese meist den ausgesprochen dünnen Diaphysenbereich betreffen, der sehr leicht zerbricht und daher im Siedlungsabfall meist nicht vorliegt. Möglicherweise kommt diese Erklärung auch bedingt für die Metatarsalia infrage.

Interessant ist allerdings, dass bei den bestatteten Hunden zwar 6 Metatarsalia, jedoch kein einziger Metacarpus frakturiert sind. Insofern scheint den Traumata der Metatarsalia durchaus eine Sonderstellung zuzukommen. Die 6 Frakturen wurden an insgesamt 5 bestatteten Hunden festgestellt, bei einem Tier waren zwei Metatarsalia (IV und V, siehe Abb. 4.44 b) frakturiert. Ausnahmslos alle Metatarsalfrakturen stammen von volladulten Hunden und betreffen die linke Körperseite. Dass es sich hierbei um Zufall handelt, kann nicht ausgeschlossen werden. Laut Kornmayer (2014, 4) betreffen Metapodienfrakturen beim Hund in der heutigen Zeit allerdings Metacarpalia und Metatarsalia gleich häufig



Abbildung 4.44.: Drei Brustwirbel von Tier 98 mit verheilten Frakturen der Procc. spin. (a), linker Metatarsus IV und V von Tier 10 mit verheilender Fraktur (V) und unverheilter Fraktur (IV, distales Stück fehlt, Pseudarthrose) (b) und rechte Scapula von Tier 329 mit Impressionsfraktur von dorsal (c).

#### 4. Ergebnisse

Skelettelement	Hundebestattungen Syene	Bartosiewicz (2008)
Kopf	1	8
Wirbel	49	
Sternum		
Rippen	21	7
Scapula	4	1
Humerus		
Ulna	1	3
Radius	1	4
Metacarpus		
Coxa	1	
Femur	2	4
Tibia	1	2
Fibula	3	
Calcaneus		
Metatarsus	6	
Phalangen	1	
Traumata gesamt	91	29

Tabelle 4.2.: Verteilung der Traumata über das Skelett bei den Hundebestattungen aus Syene und Carnivorenknochen aus Siedlungsabfällen (nach Bartosiewicz 2008).

#### 4. Ergebnisse

bzw. nach einigen Studien sogar die Metacarpalia häufiger. Auch stressbedingte Mittelfußfrakturen bei sportlich genutzten Greyhounds sind laut Kornmayer deutlich häufiger vorne als hinten zu finden. Vor diesem Hintergrund überrascht die Häufung linker Metatarsalfrakturen bei gleichzeitigem Fehlen von Metacarpalfrakturen umso mehr.

Eine mögliche Erklärung wäre das Anbinden der Hunde am linken Hinterbein. Von den Driesch (1975, 421) deutete verheilte Frakturen im distalen Drittel der Tibia bei keltischen Schweinen als Folge einer solchen Praxis. Sigl (2017) fand diese Veränderungen im Siedlungsabfall von Assuan nicht vor, wohl aber zwei Metapodien von Schaf oder Ziege, deren verheilte Schafftrfrakturen auf ähnliche Weise entstanden sein könnten. Andere Befunde aus Ägypten liefern für Schaf und Ziege bislang jedoch keine Nachweise einer solchen Anbindeform (Sigl 2017, 169 f.). Bildliche Darstellungen aus verschiedenen Epochen des Alten Ägyptens zeigen vielfach Hunde mit Halsbändern, die häufig auch von Menschen an einer Leine geführt werden (z.B. Boessneck 1988, Abb. 87, 90a, 94). Darstellungen von Hunden mit Fußfesseln sind mir hingegen nicht bekannt. Da das Hundehalsband bereits bekannt war und sich bis heute bewährt hat, erscheint das Anbinden am Hinterbein wenig sinnvoll, besonders, wenn dies offensichtlich häufiger zu Verletzungen führte. Letztlich muss auf eine Interpretation dieses auffälligen Befundes verzichtet werden.

Für die Häufigkeit von Wirbel- und Scapulafrakturen sind mehrere Deutungsmöglichkeiten denkbar. Bei den Schafen werden beengte Haltungsbedingungen als Ursache für dieses Phänomen in Betracht gezogen. Für die Hunde käme diese Erklärung eigentlich nur dann als Ursache in Betracht, wenn sie mit den Schafen gemeinsam gehalten worden wären, da diese mit Stößen ihrer Hörner Skeletttraumata verursachen können, während Hunde sich gegenseitig, wenn es überhaupt zu Auseinandersetzungen kommt, eher Bisswunden zufügen, die normalerweise nur das Weichgewebe betreffen. Nun ist das Einpferchen jedoch keine übliche Haltungsform für Hunde, erst recht nicht mit Schafen gemeinsam, es sei denn, es würde sich um Hütehunde oder Herdenschutz Hunde handeln. Belege für das explizite Hüten oder Bewachen von Schafherden durch Hunde im Alten Ägypten sind mir nicht bekannt. Wohl aber wurden Hunde, insbesondere die vom Windhundtyp, zur Jagd eingesetzt, wie zahlreiche Darstellungen und Texte belegen (Boessneck 1988, 83 f.; Bohms 2011, 93 ff.). Daher muss davon ausgegangen werden, dass sie meist über einen ausgeprägten Jagdtrieb verfügten und neugeborene Lämmer für sie eine leichte Beute dargestellt hätten, wodurch sich eine gemeinsame Haltung verbietet.

Eine weitere denkbare Möglichkeit wäre, dass die Hunde tatsächlich als Jagdhunde Verwendung fanden und sich die Traumata bei der Jagd zuzogen. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass alle 4 Schulterblatttraumen die rechte Körperseite betreffen. Schneider u. a. (2012) fanden heraus, dass im Rennsport aktive Greyhounds über mehrere Rennen ein konsistentes Verhalten zeigen bezüglich der eingeschlagenen Richtung ab Verlassen der Startbox und ihrer Rennposition im Verhältnis zu den anderen Hunden. Die vermutete Korrelation mit der Pfotenpräferenz der Hunde fiel in dieser Studie allerdings schwach aus. Darüber hinaus zeigten nur 60,4% überhaupt eine eindeutige Pfotenpräferenz, davon präferierten 37,7% die linke und 22,6% die rechte Pfote (Schneider u. a. 2012, 60). Die Situation ist folglich nicht vergleichbar mit der beim Menschen, wo Rechtshänder bei Weitem überwiegen. Somit kann ein spezielles Jagdverhalten der Hun-

de die Einseitigkeit der Schulterblatttraumen schwerlich erklären und es ist möglich, dass es sich dabei um einen Zufall handelt. Zudem erscheint es wenig plausibel, dass sich die Hunde bei der Jagd ausgerechnet an der Wirbelsäule und dem Schulterblatt verletztten, aber weniger an den Extremitäten.

Bedenkt man die Tatsache, dass drei der vier Schulterblatttraumen an der Margo dorsalis lokalisiert sind und die Wirbelfrakturen fast immer die Dornfortsätze betreffen, erscheint es auch möglich, dass die Tiere von Menschen mit stumpfen Gegenständen, z.B. mit Stöcken, geschlagen wurden. Dies würde aus medizinischer Sicht die beobachteten Verletzungen sogar am besten erklären. Möglicherweise wurden hungrige oder aggressive Hunde mit Stockhieben abgewehrt.

### 4.5. Rinder

Von den 14 bestatteten Rindern waren 13 noch sehr jung. Das eine adulte Rind stellt in mehrerer Hinsicht einen Sonderfall dar. Es wird daher nicht zusammen mit den anderen Rindern ausgewertet, sondern in Abschnitt 4.5.3 gesondert behandelt. Aussagen über den Habitus und das Geschlecht der Rinder sind aufgrund des geringen Alters der Tiere nicht möglich.

#### 4.5.1. Altersverteilung der Rinder

Abbildung 4.45 zeigt die Altersverteilung der 13 Kälber und Jungrinder. Zwei Tiere konnten auf ein Alter von 15 bis 18 Monate geschätzt werden, die anderen waren jünger als 12 Monate, mit einem Schwerpunkt auf den ersten 7 Monaten. Bei 7 jungen Kälbern konnten keine pathologischen Erscheinungen festgestellt werden (siehe Abschnitt 4.5.2). Diese könnten, ähnlich wie die Lämmer, an Infektionskrankheiten gestorben sein, die, allen voran der sogenannte Kälberdurchfall, auch heute noch einen Großteil der Kälberverluste ausmachen (Rademacher 2013, 39).

Es stellt sich bei dieser Altersverteilung zwangsläufig die Frage, warum ausschließlich junge und keine adulten Rinder auf dem Tierfriedhof bestattet wurden. Die Existenz der Jungtiere belegt ganz eindeutig eine Zuchtaktivität. Entsprechend müssen auch adulte Rinder gehalten worden sein. Zwar wird man möglicherweise versucht haben, die adulten Tiere vollständig zu verwerten, also zu schlachten, bevor sie eines natürlichen Todes sterben. Dies ist allerdings das erklärte Ziel in jeder Nutztierhaltung und dennoch kommen Verluste durch Krankheiten oder Verletzungen üblicherweise vor. Somit ist auch hier mit verendeten adulten Rindern zu rechnen. Warum diese nicht im Tierfriedhof bestattet wurden, ist unklar. Möglicherweise wurde das Areal für so große Kadaver als zu klein erachtet und man bestattete adulte Rinder daher anderswo.

Es ist außerdem nicht klar, ob überhaupt alle bestatteten Tiere vor ihrem Tod im Areal des Tierfriedhofs gehalten wurden. Massive Dungschichten belegen zwar die Anwesenheit zahlreicher Tiere, es könnte sich dabei aber auch lediglich um die Schafe gehandelt haben. Falls die Rinder an einem anderen Ort gehalten wurden, wurden offensichtlich nur die Jungtiere nach ihrem Tod zum Tierfriedhof gebracht und dort bestattet. Die Gründe

#### 4. Ergebnisse

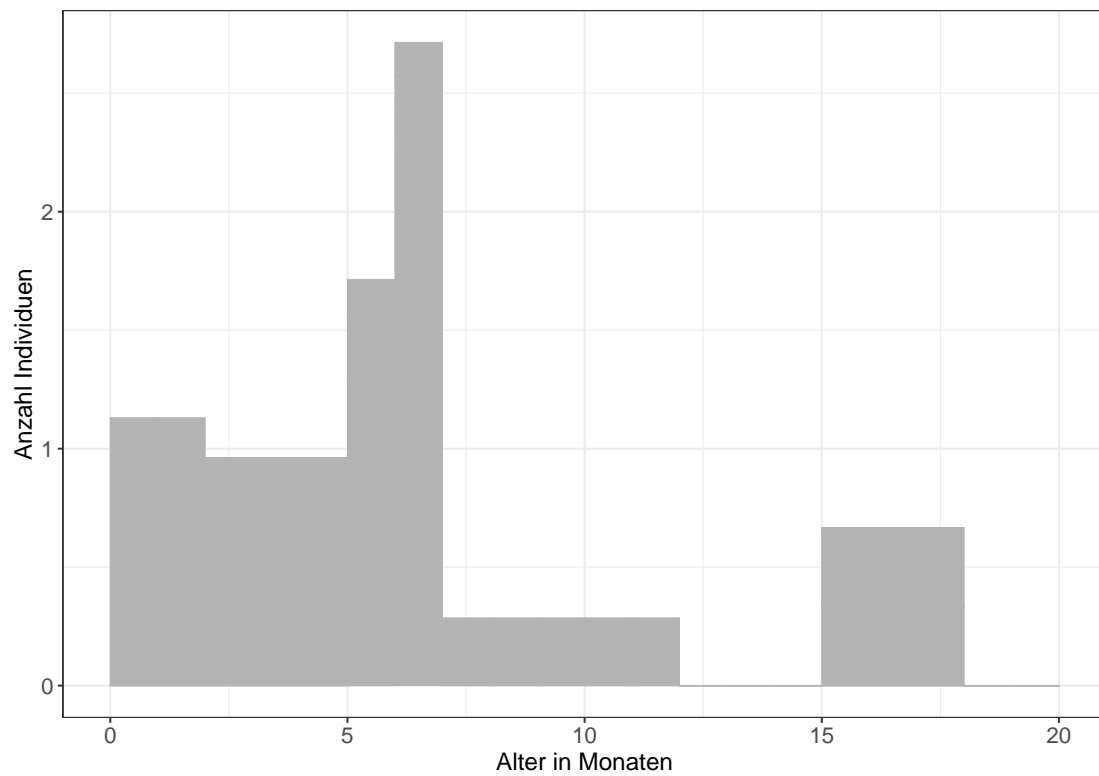


Abbildung 4.45.: Altersverteilung der Rinder nach Zahndurchbruch und Epiphysenstatus. Darstellung der Altersspannen mittels Aoristischer Summen (siehe Abschnitt 2.2.2.4).

#### 4. *Ergebnisse*

hierfür könnten darin liegen, dass die Kadaver von Jungtieren im Tierfriedhof weniger Platz einnehmen und außerdem leichter zu transportieren sind.



### 4.5.2. Gesundheitsstatus der Rinder

#### 4.5.2.1. Traumatische Veränderungen

Bei 5 der 13 Kälber und Jungrinder wurden traumatische Veränderungen festgestellt, darunter auch die beiden 15 bis 18 Monate alten Tiere. Diese wiesen Rippenfrakturen auf, bei den übrigen drei Kälbern waren ein Brustwirbel, ein Lendenwirbel (jeweils Dornfortsätze) und ein linkes Hüftbein betroffen. Die Traumata zeigen damit ein sehr ähnliches Verteilungsmuster wie beim Schaf, dieses darf jedoch hier aufgrund der geringen Anzahl der Tiere nicht überbewertet werden. Besonderes Augenmerk verdient Tier 143, eines der auf 15 bis 18 Monate geschätzten Jungrinder. An 19 Rippenfragmenten dieses Individuums wurde Kallusgewebe festgestellt, sieben davon sind in Abbildung 4.46 dargestellt. Entsprechend sind mindestens 10 Rippen betroffen. Da das Kallusgewebe an allen Fragmenten ungefähr gleich reif ist, handelte es sich vermutlich um ein einziges traumatisches Ereignis. Betroffen sind sowohl rechte als auch linke Rippen des mittleren bis hinteren Brustkorbdrittels, teilweise im Angulusbereich, teilweise aber auch ventral am Übergang zum Rippenknorpel, sowie dazwischen im Corpusbereich. Dies deutet auf ein sehr umfassendes Trauma hin, das möglicherweise auch die inneren Organe des Tieres geschädigt hat. Somit ist ein Zusammenhang mit dem Tod des Tieres durchaus nicht unwahrscheinlich.



Abbildung 4.46.: Sieben traumatisch veränderte Rippenfragmente von Tier 143

#### 4.5.3. Tier 195 - Ein Sonderfall

Das Skelett mit der Nummer 195 unterscheidet sich von den übrigen Tierbestattungen in mehrerlei Hinsicht. Es handelt sich um den hinteren Teil des Schädels eines adulten Rindes. Aufgrund seiner Größe und dem Vorhandensein von Keramikfragmenten wurde der Fund bei der Ausgrabung als Bestattung erfasst und entsprechend archäozoologisch untersucht. Dabei konnten am linken Condylus occipitalis und am rechten Processus paracondylaris Schnittspuren festgestellt werden (siehe Abb. 4.47). Diese verlaufen grob parallel zueinander, was dafür spricht, dass die Schnitte in einem Zuge durchgeführt wurden und derselben Intention dienten. Am vollständigen Tierkörper sind die betreffenden Stellen am ehesten vom Nacken her zu erreichen. Die Tötung des Tieres scheidet damit als Intention aus, denn hierfür müsste, wie beim Schächtschnitt, genau von der anderen Seite geschnitten werden, um die Arteria carotis communis zu durchtrennen. Von mehreren bildlichen Darstellungen ist bekannt, dass dies die im Alten Ägypten übliche Methode zur Tötung von Rindern war (von den Driesch u. Peters 2003, 22). Besonders die Schnittspuren an der Gelenkfläche des Condylus occipitalis sprechen eher dafür, dass die Schnitte der Abtrennung des Kopfes vom restlichen Körper am bereits toten Tier dienten. Somit sind zur Interpretation dieses Fundes prinzipiell zwei Theorien denkbar:

1. Es handelt sich um eine intentionale Bestattung, jedoch wurde, anders als bei allen anderen Bestattungen dieses Tierfriedhofs, ausschließlich der Kopf bestattet. Dieser wurde zu diesem Zweck vom restlichen Körper abgetrennt.
2. Es handelt sich um den Schädel eines zum Verzehr geschlachteten Rindes. Die

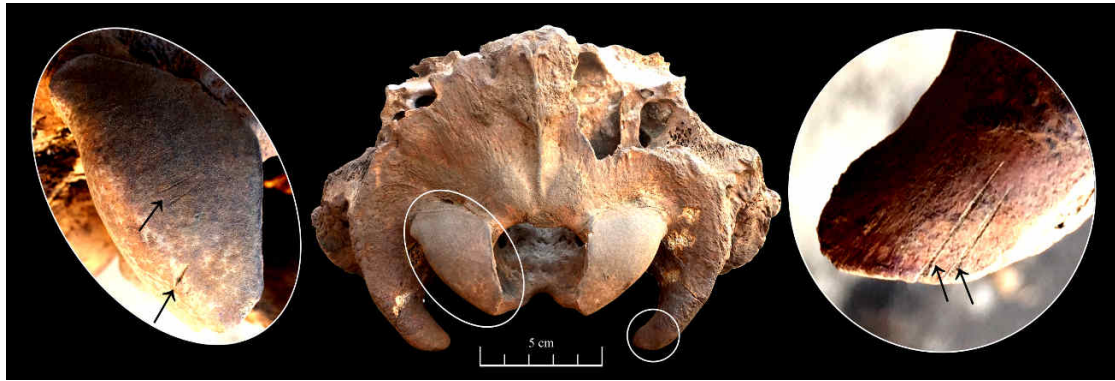


Abbildung 4.47.: Hinterschädel von Tier 195 mit Schnittpuren am linken Condylus occipitalis und am rechten Processus paracondylaris

Schnittpuren sind im Rahmen der Zerlegung des Schlachtkörpers entstanden und der Schädel ist als Speiserest zu betrachten. Er wurde entsorgt und landete rein zufällig im Areal des Tierfriedhofs, die räumliche Nähe zu den Keramikscherben ist ebenfalls Zufall.

Für Theorie 2 spricht, dass unter den bestatteten Tieren ansonsten weder adulte Rinder noch Skelette mit Schnittpuren zu finden sind. Allerdings stellt sich ohnehin die Frage, warum im Tierfriedhof keine adulten, sondern nur halbwüchsige oder sehr junge Rinder bestattet wurden (vgl. Abschnitt 4.5.1). Eine Erklärung könnte schlicht ihre Körpergröße betreffen. Möglicherweise war das Areal einfach zu klein für die Bestattung so großer Tiere und man bestattete diese stattdessen anderswo oder entsorgte sie auf andere Weise, wenn sie verendeten.

Sollte nun doch einmal, aus welchem Grund auch immer, ein adultes Rind dort bestattet werden, könnte aus Platzgründen eine Bestattung lediglich des Kopfes erfolgt sein (Theorie 1). Aus ägyptologischer Sicht ist diese Erklärung jedoch unbefriedigend, da in der Vorstellung der Ägypter der Körper nach dem Tod unversehrt bleiben sollte. Dieser Überzeugung entsprang auch die Praxis der Mumifizierung (Fitzenreiter 1998, 13).

Das stärkste Argument für Theorie 2 liefert aber die Keramik. Die drei Scherben, die zusammen mit dem Schädel geborgen wurden, sind typisch für die Keramik der Verfüllung. Im Gegensatz dazu sind für die Tierbestattungen große Fragmente von Vorratsgefäßen oder Amphoren charakteristisch. Ein solches fand sich bei dem Schädel nicht. Außerdem befanden sich die Scherben unter dem Schädel, statt ihn zu bedecken, wie es für die Tierbestattungen typisch ist (Mariola Hepa, persönliche Mitteilung, 2020).

Dieser Befund spricht sehr deutlich dafür, dass es sich bei dem ursprünglich als Bestattung dokumentierten Tier 195 nicht um eine intentionale Bestattung, sondern lediglich um Speiseabfall handelt, wie er auch ansonsten in der Verfüllung zuweilen anzutreffen war (siehe Abschnitt 4.1.1).

## 4.6. Katzen

### 4.6.1. Habitus der Katzen

Lediglich ein Katzenskelett (Tier 122) stammt von einem ausgewachsenen Tier und eignet sich folglich zur Beurteilung der Wuchsform und Größe. Zum Vergleich eignen sich zwei Katzendeponierungen, die im Zusammenhang mit einem frührömischen Grab aus Syene stehen (Sigl 2017, 76). Die *LSI*-Werte der publizierten Maße dieser beiden Skelette, I346 und I347, sind in Abbildung 4.48 dargestellt, wobei die entsprechenden Maße des Katzenskeletts 122 aus dem Tierfriedhof als Standard fungierten. Die eingezeichnete horizontale Gerade ( $LSI=0$ ) stellt entsprechend Tier 122 dar. Da nur bei I347 überhaupt Längenmaße vorhanden waren und hier auch nur zwei Stück, wurden diese ausnahmsweise gemeinsam mit den Breiten- und Tiefenmaßen abgebildet, lassen sich durch den Farbunterschied aber leicht gesondert betrachten. Dabei fällt auf, dass die Längenmaße von I347 gleich (Femur GLC) bzw. geringer (Tibia GL) ausfallen als bei Tier 122, während die Breiten- und Tiefenmaße die Werte von Tier 122 überwiegend übersteigen. I347 scheint also bei ähnlicher Größe etwas stämmiger gewesen zu sein als Tier 122. Dies deckt sich mit dem Verdacht Sigls (2017, 78), dass es sich bei I347 um einen Kater handeln könnte. Die Breiten- und Tiefenmaße von I346 hingegen fallen im Mittel etwas geringer aus als bei Tier 122. Sigl hat die Maße der beiden Skelette I346 und I347 mit diversen Literaturangaben über Haus- und Wildkatzen, sowie mit einem weiblichen Katzenskelett aus dem Neuen Reich aus Elephantine und einem römerzeitlichen Hauskater aus Quseir el-Qadim am Roten Meer verglichen und kommt zu dem Schluss, dass beide nach alt-ägyptischen Standards als mittelgroße Hauskatzen eingestuft werden können (Sigl 2017, 77 f., Abb. 24). Dasselbe muss folglich auch für Tier 122 angenommen werden, da dieses sich größenmäßig genau zwischen I346 und I347 befindet. Dabei scheint es von etwas schlankerem Wuchs gewesen zu sein als I347. Möglicherweise handelte es sich bei Tier 122 also um eine weibliche Katze.

#### 4. Ergebnisse

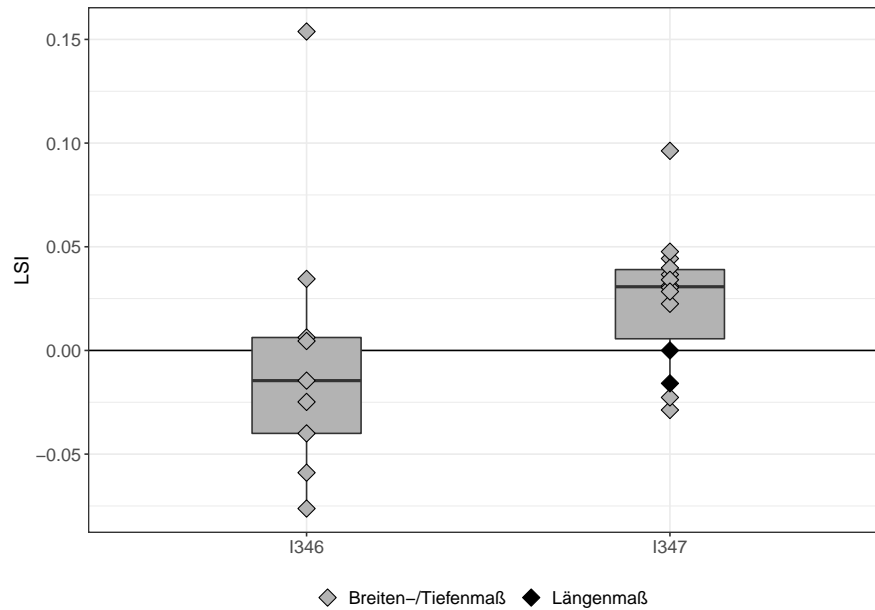


Abbildung 4.48.: *LSI*-Werte zweier Katzendeponierungen aus dem früh-römischen Syene (Maße nach Sigl 2017). Als Standardindividuum wurde Tier 122 verwendet ( $LSI=0$ ).

##### 4.6.2. Altersverteilung der Katzen

Die Altersverteilung der bestatteten Katzen ist in Abbildung 4.49 dargestellt. 10 der 11 Katzenbestattungen stammen von jungen Tieren. Nur ein einziges Tier war volladult, also älter als ein Jahr. Dieses stellt den letzten Balken des Histogramms dar. Vermutlich war dieses Tier sogar deutlich älter, dies lässt sich aber nicht mit Sicherheit sagen. Das Alter der Jungtiere verteilt sich recht gleichmäßig über die ersten 10 Lebensmonate. Auch Katzen sind als Jungtiere besonders anfällig für Infektionskrankheiten. Die Infektion mit dem Feline Panleukopenie-Virus, einem Parvovirus, ist eine seit langem bekannte Katzenkrankheit, die früher auch als „Katzenstaupe“, „Katzenseuche“ oder „Katzentypus“ bezeichnet wurde (Lutz 1992, 32-35). Die heute übliche Bezeichnung „Panleukopenie“ spielt auf die dramatische Verminderung der Blutleukozyten an, die die infizierten Tiere auch für zusätzliche Erkrankungen anfälliger macht (Lutz 1992, 311). Die Infektion geht besonders bei Jungtieren im Alter von 6 Wochen bis 4 Monaten mit Symptomen wie Durchfall, Erbrechen und in der Folge auch Dehydratation und Abmagerung einher und verläuft nicht selten tödlich (Lutz 1992, 312). Auch die verschiedenen Erreger des Katzenschnupfen-Komplexes (Calici-, Reo- und Herpesviren, Chlamydien, Mykoplasmen, sowie diverse Sekundärerreger) befallen häufig junge oder geschwächte Tiere und führen zu respiratorischen Symptomen und Konjunktividen (Kutschmann 1992, 159; Schmidt 1993, 259). Eigenen Beobachtungen zufolge leiden junge Straßenkatzen in Assuan heutzutage sehr häufig an Durchfall und respiratorischen Symptomen, wobei die genannten

#### 4. Ergebnisse

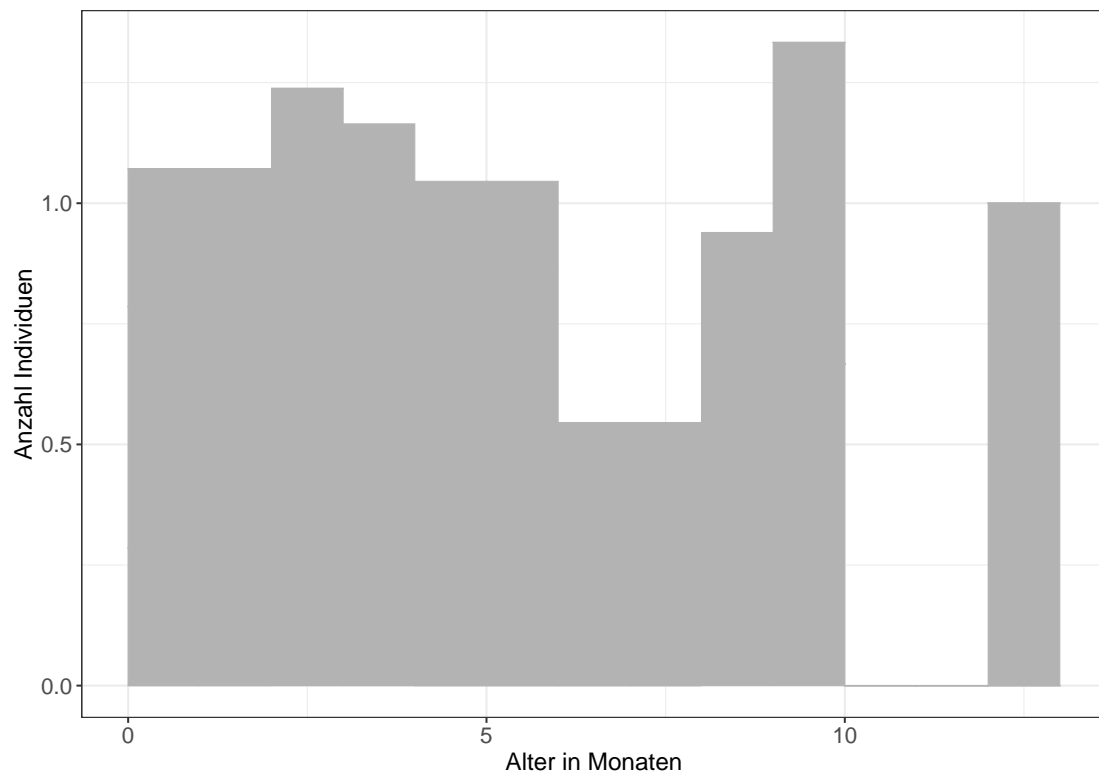


Abbildung 4.49.: Altersverteilung der Katzen nach Zahndurchbruch und Epiphysenstatus. Darstellung der Altersspannen mittels Aoristischer Summen (siehe Abschnitt 2.2.2.4).

## 4. Ergebnisse

Erreger durchaus beteiligt sein könnten. Da diese Tiere, wie auch für die Katzen des Tierfriedhofs anzunehmen, keine medizinische Behandlung erfahren, sind sie häufig stark dehydriert und abgemagert und es ist ersichtlich, dass sie ohne Behandlung nicht genesen werden. Auf ähnliche Weise könnten auch die Jungkatzen des Tierfriedhofs zu Tode gekommen sein.

### 4.6.3. Gesundheitsstatus der Katzen

#### 4.6.3.1. Traumatische Veränderungen

Vier der 11 bestatteten Katzen waren von Traumata betroffen. Eine 3 bis 8 Monate alte Katze litt unter unverheilten Frakturen dreier benachbarter rechter Rippen mit ausgeprägtem Kallusgewebe (Abb. 4.50c). Das Skelett einer ca. 8 bis 10 Monate alten Katze zeigt ein eher unspektakuläres verheiltes Trauma an der Margo cranialis der linken Scapula. Das linke Femur einer noch sehr jungen Katze ( $< 3$  Monate) weist eine bereits verheilte Fraktur auf (Abb. 4.50b) und die einzige adulte Katze war ebenfalls von einem Trauma betroffen, jedoch handelte es sich dabei mit großer Wahrscheinlichkeit nicht um die Todesursache. Betroffen sind der linke Radius sowie die linke Ulna (Abb. 4.50a). Beide hatten eine Fraktur erlitten, die unter einer Verkürzung verwachsen ist. Aus dem Kallusgewebe oder Knochenbruchstücken hat sich eine Stütze gebildet, mit der sich die beiden Knochen gegenseitig stabilisierten, sodass eine Heilung möglich war. Zwar sind Radius und Ulna an dieser Stütze nicht miteinander verwachsen, die Beweglichkeit gegeneinander im Sinne einer Pronation oder Supination war aber sicherlich zumindest eingeschränkt, wenn nicht gar unmöglich. Offenbar konnte das Tier mit diesem Zustand aber gut leben, die feste Struktur des Knochens lässt erkennen, dass die Fraktur zum Zeitpunkt des Todes bereits lange Zeit zurücklag.

Die verheilten Traumata an Femur und Scapula sind ebenfalls als Todesursache unwahrscheinlich. Die Rippenfrakturen könnten am ehesten in Zusammenhang mit dem Tod des betreffenden Tieres stehen, da sie nur für relativ kurze Zeit überlebt wurden und durch das Trauma möglicherweise auch die benachbarte Lunge oder andere innere Organe geschädigt wurden.

Für den Großteil der bestatteten Katzen lässt sich also am Skelett keine Todesursache ausmachen. Neben einem Tod von Menschenhand, für den aber keinerlei Anhaltspunkte existieren, kämen demnach hauptsächlich Infektionskrankheiten als Todesursachen in Betracht, die am Skelett keine Spuren hinterlassen. Auch in Hinblick auf das jugendliche Alter der Tiere erscheint dies als sehr wahrscheinliche Erklärung, wie bereits in Abschnitt 4.6.2 erläutert.

Die Verteilung der Traumata über das Skelett ist erstaunlich gleichmäßig, kein Skelettelement ist doppelt betroffen. Aufgrund der sehr geringen Anzahl lassen sich hieraus allerdings keine belastbaren Schlüsse ziehen.

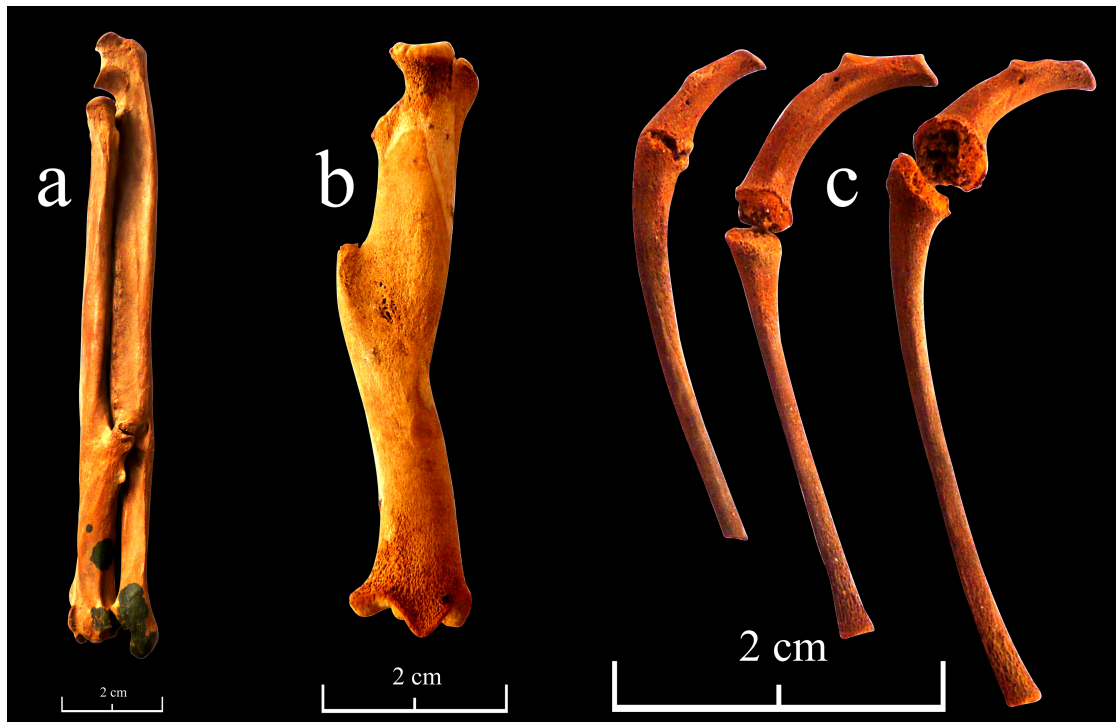


Abbildung 4.50.: Traumata bei Katzen: Radius und Ulna von Tier 122 (a), Femur von Tier 134 (b) und drei Rippen von Tier 114 (c).



### 4.7. Ziege

Es fand sich unter den Bestattungen lediglich ein einziges Ziegenskelett. Dieses stammt von einem ca. 3 Monate alten Ziegenlamm, Tier 71, dessen  $M_1$  sich gerade im Durchbruch befand. Das Skelett wurde in einer der ersten Arbeitskampagnen untersucht, als das Tierartenspektrum des Tierfriedhofs sich noch nicht deutlich abgezeichnet hatte. Da im Laufe der Zeit kein einziges weiteres Ziegenskelett auftauchte, entstanden Zweifel an der Artbestimmung, zumal bei so jungen Tieren die artspezifischen Merkmale noch nicht stark ausgeprägt sind. Das Skelett wurde daher in einer der letzten Kampagnen noch einmal begutachtet. Sowohl das Längen-Breiten-Verhältnis der Metapodien als auch die morphologischen wie metrischen Merkmale am  $Pd_4$  (nach Payne 1985; Kronenhöhenindex 1,7 bei Abkaugrad 13L) sprechen eindeutig dafür, dass es sich tatsächlich um ein Ziegenskelett handelt. Die Artbestimmung kann damit als gesichert gelten. Das Geschlecht des Tieres kann aufgrund seines geringen Alters nicht bestimmt werden. Pathologische Erscheinungen wurden ebenfalls nicht festgestellt, wie es auch für ähnlich alte Schaflämmer in diesem Material typisch ist. Infektionskrankheiten, die keine Spuren am Skelett hinterlassen, sind bei derart jungen Caprinen die wahrscheinlichste Todesursache.



## 5. Diskussion

### 5.1. Todesumstände der Tiere

Zentrale Bedeutung für die Interpretation des Fundplatzes kommt der Frage zu, auf welche Weise die bestatteten Tiere den Tod gefunden hatten. Wichtiger als die exakten Todesursachen ist hierbei, ob die Tiere vom Menschen getötet worden oder verendet waren. Die archäozoologische Untersuchung liefert drei Indizien dafür, dass Letzteres der Fall ist:

1. An den Skeletten sämtlicher bestatteter Tiere wurden trotz sorgfältiger Suche **keine Schnittspuren** gefunden (siehe Abschnitt 4.1.1). Bildliche Darstellungen belegen, dass die im Alten Ägypten übliche Tötungsmethode das Schächten war (von den Driesch u. Peters 2003, 21 f.). Bei den dargestellten Tieren handelt es sich aber meist um Rinder. In Anbetracht der anatomischen Ähnlichkeit, sowie der Tatsache, dass noch heute im gesamten Orient Schafe geschächtet werden, spricht vieles dafür, dass diese Praxis auch für das Schaf, das mit Abstand die häufigste Tierart im Tierfriedhof ist, üblich war. Beim Schächten wird das Tier auf den Rücken oder die Seite gelegt, der Hals überstreckt und hinter der Kehle ein Schnitt gesetzt, sodass das Tier entblutet (von den Driesch u. Peters 2003, 22). Zweifelsohne ist dies einem geübten Schächter möglich, ohne das Messer mit den Halswirbeln in Berührung zu bringen, was auch angestrebt wird, da das Messer sonst schneller stumpf wird. Das Fehlen von Schnittspuren an den Ventralseiten der Halswirbel kann folglich eine stattgefundene Schächtung nicht gänzlich ausschließen. Dass bei keinem einzigen der 246 Schafe solche Schnittspuren gefunden wurden, kann aber dennoch als Indiz dafür gewertet werden, dass Schachtungen zumindest keine regelmäßige Todesursache dieser Tiere waren.

2. In einigen Fällen handelt es sich bei den paläopathologischen Befunden eindeutig oder zumindest sehr wahrscheinlich um die **Todesursache** des betreffenden Tieres. Von den in dieser Arbeit näher ausgeführten Befunden ist hier vor allem Tier 176M zu nennen, das infolge einer verheilten Beckenfraktur sein Jungtier nicht gebären konnte (Abschnitt 4.3.4). Aber auch die hochgradigen Periodontitiden von Tier 13M und 315 (Abschnitt 4.3.5.2) und die mindestens 10 frakturierten Rippen von Tier 143 (Abschnitt 4.5.2.1) haben höchstwahrscheinlich zum Tod der jeweiligen Tiere geführt. Diese Fälle können als Beleg dafür gelten, dass zumindest einige der bestatteten Tiere von selbst starben.

3. Das gewichtigste Argument dafür, dass es sich bei den Bestattungen des Tierfriedhofs mehrheitlich um verendete Tiere handelt, ist die **Altersverteilung**. Für die häufigste Tierart, das Schaf, zeigt diese, dass vor allem sehr junge Tiere, Weibchen im Fortpflanzungsalter, sowie Tiere mit stark abgenutzten Zahnreihen starben. Wie in Abschnitt 4.3.2 näher ausgeführt, zeichnen sich diese Gruppen durch ein besonders hohes gesundheitliches Risiko aus. Jungtiere sind besonders anfällig für Infektionskrankheiten, mittelalte

## 5. Diskussion

weibliche Schafe für Probleme rund um die Fortpflanzung und ältere Tiere leiden unter Zahnproblemen und Altersschwäche. Aufgrund der großen Anzahl an Schafen ist die Untersuchung der Altersverteilung bei dieser Tierart besonders aussagekräftig. Die Altersverteilungen der anderen Tierarten passen jedoch ebenfalls ins Bild: Bei den Hunden fehlen jungadulte fast völlig, die Tiere waren mehrheitlich sehr jung oder volladult (Abschnitt 4.4.2). Bei den Rindern handelt es sich ausschließlich um Jungtiere (Abschnitt 4.4.5), bei den Katzen mit einer Ausnahme ebenfalls (Abschnitt 4.6.2). Die einzige Ziege (Abschnitt 4.7) erreichte gleichermaßen nur ein Alter von ca. 3 Monaten.

Die Altersverteilung ist deshalb ein so gewichtiges Argument, da es sich um eine statistische Auswertung handelt, die zwangsläufig etwas über die Gesamtheit an Bestattungen aussagt. Zwar können Tiere in jedem Alter sterben, was sich in den Altersverteilungen auch zeigt. Die Häufungen der Todesfälle in den gesundheitlich besonders gefährdeten Alters- bzw. Geschlechtergruppen spricht aber eindeutig dafür, dass es sich mehrheitlich um verendete Tiere handelt. Gleichzeitig erklärt sich dadurch auch, warum in vielen Fällen die paläopathologische Untersuchung keine klare Todesursache liefert. Die bei allen Tierarten stark vertretene Gruppe der Jungtiere stirbt, wenn nicht von Menschenhand, in der Regel am ehesten an Infektionskrankheiten, die in dieser Altersgruppe aufgrund des noch nicht vollständig ausgebildeten Immunsystems häufig besonders schwer verlaufen, aber üblicherweise am Skelett keine Spuren hinterlassen. Beim Schaf und Rind sind in erster Linie Durchfallerkrankungen zu nennen, die meist durch Mischinfektionen unter anderem unter Beteiligung von Rota- und Coronaviren, Kryptosporidien und enteropathogenen *E. coli*-Stämmen ausgelöst werden (Bostedt u. Dedié 1996, 579; Rademacher 2013, 39). Für Junghunde sind Staupe, Hepatitis contagiosa canis, Parvovirose und die Hunde-Herpesvirusinfektion besonders gefährlich (Suter 2001, 328, 332, 334 f., 339), aber auch die Erreger des Zwingerhusten-Komplexes sowie durch Rota- und Coronaviren ausgelöste Durchfälle können, wenngleich einzeln vorliegend selten tödlich, erhebliche Komplikationen darstellen und vor allem in Form von Mischinfektionen zu Todesfällen führen (Suter 2001, 330 f., 334). Bei Katzen sind vor allem die Parvovirose, auch „Panleukopenie“ oder „Katzenstaupe“ genannt (Lutz 1992, 311-318), sowie der Katzenschnupfen-Komplex zu nennen (Kutschmann 1992, 159). Eigenen Beobachtungen zufolge leiden heute sehr viele Jungkatzen in Assuans Straßen unter Durchfall und respiratorischen Symptomen, was gut zu diesen beiden Krankheiten passt. Dabei sind sie häufig so stark abgemagert, dass eine Genesung ohne medizinische Versorgung nicht mehr möglich erscheint. Ähnlich dürfte es den Jungkatzen bereits zur Nutzungszeit des Tierfriedhofs ergangen sein.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass die bestatteten Tiere höchstwahrscheinlich ohne direkte menschliche Einwirkung gestorben waren.

### 5.2. Bestattung der Tiere

Die Bestattung von Tieren im Areal des Tierfriedhofs von Syene begann während der ersten Hälfte des 2. Jhs. v. Chr. und endete gegen Ende des 1. Jhs. n. Chr., umfasste also einen Zeitraum von knapp dreihundert Jahren (Hepa u. a. 2018). Der archäologische Befund deutet darauf hin, dass die Tiere in seichten Gruben deponiert worden waren (von

## 5. Diskussion



Abbildung 5.1.: Typische Bestattung eines Widders (Tier 207). Der Kopf ist mit einer Keramikscherbe abgedeckt.

## 5. Diskussion

Pilgrim u. Müller 2013, 13; Hepa u. a. 2018). Die archäozoologische Untersuchung konnte dies bestätigen, indem an den Skeletten teils Spuren von Verwitterung und Tierverschleiss festgestellt wurden (siehe Abschnitt 4.1.2). Zudem fiel auf, dass es bei unvollständigen Skeletten meist die näher an der Oberfläche liegenden Teile waren, die fehlten. Bei vielen Tieren war der Kopf oder sogar der ganze Kadaver mit Wandscherben großer Keramikgefäße abgedeckt worden, zudem fanden sich in einigen Fällen vollständige Keramikschalen und -teller bei den Bestattungen (von Pilgrim u. Müller 2013, 16 f.; Hepa u. a. 2018). An den Skeletten fanden sich keine Hinweise auf eine Mumifizierung.

Obwohl in der gesamten vorliegenden Arbeit der Fundplatz bereits als „Tierfriedhof“ und die Tiere als „bestattet“ bezeichnet wurden, soll an dieser Stelle noch einmal kritisch hinterfragt werden, ob diese nicht ganz wertfreien Begriffe tatsächlich gerechtfertigt sind. Zu diesem Zweck muss zunächst geklärt werden, was in unserem Sprachgebrauch einen „Friedhof“ und eine „Bestattung“ eigentlich ausmacht. Die Brockhaus Enzyklopädie (Brockhaus 1988, 667) definiert den „Friedhof“ als „abgesonderte Stätte, an der die Toten bestattet werden“. Eine „Totenbestattung“ wiederum ist „die Beisetzung von Leichen oder Leichenbrand, meist mit einem vom Kulturkreis, besonders von dessen Religion, abhängigen Ritual; mit zunehmendem Zivilisationsgrad gewinnen daneben hygienische Gesichtspunkte an Bedeutung“ (Brockhaus 1993, 270). Diese Definition grenzt eine Bestattung nicht klar von einer Deponierung zum Zwecke der Entsorgung ab, deutet doch das Wörtchen „meist“ darauf hin, dass eine Bestattung sogar ohne jedes Ritual denkbar wäre. Die Regel ist dies aber sicherlich nicht, sodass dieses „vom Kulturkreis, besonders von dessen Religion, abhängige[] Ritual“ im Allgemeinen den wesentlichen Unterschied zwischen einer Bestattung und einer Entsorgung ausmacht, während die genannten hygienischen Gesichtspunkte bei beiden eine Rolle spielen.

Für den hier besprochenen Fundplatz können Bestattungsrituale klar bejaht werden. Besonders die Bedeckung der Kadaver mit Keramikscherben spricht für eine gewisse Fürsorge gegenüber dem toten Tier. Kritiker könnten argumentieren, die Abdeckung habe rein aus hygienischen Gründen stattgefunden, um zu verhindern, dass Hunde oder anderes Getier die nicht tief vergrabenen Kadaver verschleppen. Dem ist entgegenzuhalten, dass bevorzugt die Köpfe der Tiere abgedeckt waren, was von einem rein hygienischen Standpunkt aus wenig zweckmäßig erscheint. Abbildung 5.1 zeigt einen solchen Fall. Zudem hätte man die Kadaver, um sie zu entsorgen, nur über die angrenzende Stadtmauer schaffen müssen. Ein weiterer Hinweis auf ein religiös motiviertes Ritual sind die zahlreichen vollständigen Keramikgefäße, die bei den Tierkörpern gefunden wurden. Diese werden als Grabbeigaben interpretiert (Hepa u. a. 2018). Schließlich spricht auch die Regelmäßigkeit der Bestattungen über einen Zeitraum von knapp dreihundert Jahren für eine ritualisierte Handlung. Inwiefern diese religiös motiviert war, wird im nächsten Abschnitt besprochen.

Die seit langer Zeit bekannten Tierfriedhöfe des Alten Ägyptens unterscheiden sich zwar meist stark von dem hier besprochenen, in Berenike am Roten Meer wurde jedoch erst kürzlich ein Tierfriedhof entdeckt, der erstaunliche Ähnlichkeiten aufweist (Sidebotham u. a. 2019, Osypińska 2016). Er datiert etwas später als der Tierfriedhof von Syene, nämlich ins 1. und 2. Jh. n. Chr. und enthielt sogar eine Mindestanzahl von 585 Tierbestattungen (Osypińska u. a. 2021). Die Tierkadaver waren ebenfalls nicht mumifiziert und

## 5. Diskussion

teilweise mit Keramikscherben abgedeckt. Allerdings handelte es sich bei den bestatteten Tieren nicht um Schafe, sondern um Katzen (>90%), Hunde und Affen und die Tiere waren teilweise mit Halsbändern und Perlenketten versehen oder mit Matten aus Pflanzenfasern zugedeckt (Osypińska u. a. 2021). Die Fürsorge gegenüber dem einzelnen Tier scheint hier also noch größer gewesen zu sein. Dies mag auch mit den vertretenen Tierarten zusammenhängen, handelt es sich doch um Tiere, die meist in engerer Beziehung zum Menschen stehen als die klassischen Nutztiere wie Schaf und Rind.

Herodot beschreibt in seinen Historien (II, 41) für Rinder in Ägypten folgende Bestattungspraxis:

*„Rinder, die eingegangen sind, begraben sie, und zwar auf folgende Art: Die Kühe werfen sie in den Nil, die männlichen Tiere vergraben sie einzeln in der Vorstadt draußen, und zwar so, dass ein Horn oder beide Hörner als Zeichen noch hervorragten. Wenn dann das Tier verwest ist und die vorgeschriebene Zeit vorüber ist, kommt zu jeder Stadt ein Kahn von der Insel, die Prosopitis heißt. Diese liegt im Delta, ihr Umfang beträgt etwa neun Schoinen. Auf dieser Insel gibt es noch mehrere andere Orte; der Ort aber, von dem diese Barken ausgehen, welche die Gebeine der Rinder sammeln, heißt Atarbechis, in ihm befindet sich ein Heiligtum der Aphrodite. Aus dieser Stadt nun ziehen viele aus, die einen in diese, die anderen in jene Stadt, graben die Gebeine aus, führen sie weg und bestatten sie alle an einem Ort. Und ebenso wie die Rinder vergraben sie auch das andere Vieh, wenn es verendet ist; denn so ist es ihnen vom Gesetz vorgeschrieben, und sie töten sie nicht.“*

Diese Textstelle belegt, dass Erdbestattungen, zumindest als vorübergehende Lösung, durchaus üblich waren. Die Tatsache, dass bei den gehörnten Schafen des Tierfriedhofs das oben liegende Horn häufig fehlte, deutet darauf hin, dass dieses nach der Bestattung noch aus der Erde ragte, wie von Herodot für die Rinder beschrieben. Hierzu ist noch anzumerken, dass Herodot zwar Ägypten bereist hat, jedoch nicht an allen von ihm beschriebenen Orten selbst gewesen ist, weshalb seine Berichte viele Verallgemeinerungen enthalten, die oftmals nicht haltbar sind (Kessler 1991). So ist beispielsweise die Aussage, alle Rinder würden ausschließlich an einem einzigen Ort endgültig bestattet, definitiv nicht zutreffend. Ebenso wenig kann zutreffen, dass die alten Ägypter niemals ein Tier getötet hätten.

Zuletzt sei noch einmal erwähnt, dass die Gruben, in denen die Tiere beigesetzt waren, in „mächtige Schichten aus Dung und Streuresten eingetieft“ worden waren (Hepa u. a. 2018). Diese belegen, dass am Ort der Bestattung zuvor auch Tiere gehalten worden waren. Unklar ist jedoch bisher, ob es sich bei den gehaltenen und den bestatteten Tieren um ein und dieselben Individuen handelt und auch, ob die Tierhaltung in einem Teilareal jeweils noch andauerte, während dort Tiere bestattet wurden, oder ob sie bereits zuvor aufgegeben und möglicherweise in einem anderen Teilareal fortgesetzt worden war (zur Aufteilung des Areals siehe Abschnitt 5.4).

### 5.3. Nutzung und Bedeutung der Tiere

Die Frage, was die Menschen vor rund zweitausend Jahren dazu bewogen hat, über rund dreihundert Jahre hinweg an einem bestimmten Ort Tiere zu bestatten, drängt sich zwangsläufig auf. Wie eingangs erwähnt, ist die religionswissenschaftliche Betrachtung des Tierfriedhofs von Syene nicht das primäre Ziel der vorliegenden Arbeit. Dennoch würde man diesem einzigartigen Fundplatz nicht gerecht, würde man ihn von den ägyptischen Tierkulten losgelöst betrachten. Das Phänomen soll daher hier kurz beleuchtet werden.

Tiere sind aus der altägyptischen Religion nicht wegzudenken. Besonderes Augenmerk verdient die schier unbegreifliche Menge an Tiermumien, die meist in unterirdischen Galerien deponiert wurden. In Tuna el-Gebel und Saqqara wird die Anzahl an deponierten Vogelexemplaren jeweils auf mehrere Millionen geschätzt, der Krokodilfriedhof von Tebtynis enthielt ca. zehntausend Krokodilmumien (Fitzenreiter 2013, 14; Kessler 1987a; von den Driesch u. Peters 2003, 18). Auch auf bildlichen Darstellungen sind Tiere überaus präsent. In der griechischen und römischen Literatur, die vor der Entzifferung der Hieroglyphen die einzigen Textquellen lieferte, kommt die Tierverehrung der alten Ägypter schlecht weg. Die „zwischen Spott und Entsetzen oszillierende antike Überlieferung“ (Fitzenreiter 2013, 13) führte dazu, dass die Tierkulte in der ägyptologischen Forschung lange Zeit stiefmütterlich behandelt wurden. Zu wenig schienen sie mit der Vorstellung einer Hochkultur vereinbar (Kessler 1989, 4). Im 19. Jh. wurden Tiermumien als Kuriosa gesammelt, wobei die bekannten Tierfriedhöfe umfangreich beschädigt wurden. Bei der archäologischen Untersuchung derselben wurden die Tiermumien als lästig empfunden (Kessler 1989, 4), häufig wurden sie entsorgt oder als Dünger verwendet (Fitzenreiter 2013, 13 f.). Die ernsthaftere und wertfreie Auseinandersetzung mit der Thematik ist folglich ein relativ junges Phänomen. Umso wertvoller sind Fundplätze wie der hier beschriebene, die nicht bereits in früherer Zeit so stark beschädigt wurden, dass relevante Informationen für immer verloren sind.

In der ägyptologischen Literatur wurde die Einteilung heiliger Tiere in drei Kategorien vorgeschlagen, nämlich Inkorporationstiere (auch „Tempelexemplare“), deren heilige Artgenossen (auch „heilige Gattung“ oder „heilige Herde“) sowie sogenannte Fetischtiere (Kessler 1989, 5). Fetischtiere sind einzelne Tiere, die im Privathaus gehalten und beim Tod ihres Herren unter Umständen mit diesem mumifiziert und bestattet wurden (Kessler 1989, 5). Für die Interpretation des Tierfriedhofs von Syene spielen Fetischtiere folglich keine Rolle, da hier kein Zusammenhang mit menschlichen Bestattungen besteht und auch keine Mumifizierung stattfand.

Dass es sich bei den bestatteten Tieren um Inkorporationstiere handelt, ist ebenfalls unwahrscheinlich. Inkorporationstiere sind einzelne, an einem Tempel gehaltene Tiere, in denen sich eine bestimmte Gottheit verkörperte. Entsprechend wurden diese, soweit bekannt, meist sehr aufwendig bestattet (Kessler 1989, 5). Die Mumien der Chnumwidder des Widderfriedhofs von Elephantine waren beispielsweise größtenteils mit goldenen Kartonagen und Masken versehen und in Steinsarkophagen bestattet (Delange u. Jaritz 2013, 137, Tafeln 23-34). Das Balsamierungsritual des Apis-Stiers ist in einem Papyrus ausführlich beschrieben (Fitzenreiter 2013, 142; Kessler 1989, 62 ff.). Laut einem



## 5. Diskussion

Stelentext soll es gar 14 Tage gedauert haben, den Sarkophag des Apis zur Nekropole zu schleppen (Fitzenreiter 2013, 104).

Die recht einfache Art der Bestattung, die wir in Syene vorfinden, ist von solch aufwendigen Praktiken klar abzugrenzen. Die Tatsache, dass in Syene männliche und weibliche Schafe gleichermaßen bestattet wurden (siehe Abschnitt 4.3.3), erscheint zunächst ebenfalls als Hinweis darauf, dass es sich nicht um Inkorporationstiere handelt, da diese entsprechend der Gottheit, die sie verkörpern, üblicherweise ein festgelegtes Geschlecht besitzen sollten. Dass diese Tiere schriftlichen Quellen zufolge sehr sorgfältig und unter Berücksichtigung verschiedenster Kriterien ausgewählt wurden (Fitzenreiter 2013, 137 f.), lässt eigentlich vermuten, dass tatsächlich nur Tiere des passenden Geschlechts gewählt wurden. Die Untersuchungen an den „Widdermumien“ des Widderfriedhofs von Elephantine haben allerdings gezeigt, dass darunter auch weibliche Schafe und vermutlich auch Hammel waren (Delange u. Jaritz 2013, 213, 218, 222). Dennoch spricht zumindest die wenig aufwendige Bestattung klar dagegen, dass es sich bei den im Tierfriedhof von Syene bestatteten Tieren um Inkorporationstiere handelt.

Wesentlich relevanter scheint hingegen die Gruppe der sogenannten „heiligen Artgenossen“ der Inkorporationstiere, die sich von letzteren durch eine weniger aufwendige Bestattung unterscheiden soll (Kessler 1989, 5). Diese Gruppe ist allerdings besonders schwer fassbar, was bereits die unterschiedlichen Begriffe, die in der deutschsprachigen Literatur für diese Tiere üblich sind, zeigen. Während die Bezeichnungen „heilige Artgenossen“ und „heilige Gattung“ lediglich auf die taxonomische Zugehörigkeit abzielen, deutet der Begriff „heilige Herde“ zusätzlich an, dass diese Tiere in einer (Fortpflanzungs-) Gemeinschaft gelebt haben. Texte des Tempels von Edfu beschreiben ein jährlich stattfindendes Ritual, in dem im „Haus des Falken“ in der Nähe des Tempels ein Exemplar aus einer Gruppe von Falken ausgewählt wird, um als neues Tempeltier eingeführt zu werden (Fitzenreiter 2013, 138 f.). In diesem Fall scheint also eine Gruppe von Tieren in der Nähe des Tempels gehalten worden zu sein, gewissermaßen als Nachschub für das Tempelexemplar. Ob darüber hinaus eine anderweitige Nutzung dieser Tiere stattfand, ist unklar.

Im Falle des Apis-Stiers hingegen wurde offensichtlich in ganz Ägypten nach passenden Exemplaren gesucht, was die Herkunftsangaben der einzelnen Stiere auf deren Stelen belegen (Fitzenreiter 2013, 138). Ob dafür bestimmte Herden herangezogen wurden, ist nicht überliefert. Bemerkenswert ist, dass im Apieion in Memphis neben dem Apis-Stier auch die Apismutterkuh gehalten wurde (Kessler 1989, 62). Bestattungen der Apis-Mütter, die sogar Eigennamen trugen, sind in Saqqara seit der Spätzeit belegt (Fitzenreiter 2013, 106). Zudem wurde wohl in der Nähe des Tempels der Isis von Anchtai eine Rinderherde gehalten, der der Apis-Stier an Festtagen zugeführt wurde (Kessler 1989, 101 f.). Die Bezeichnung der Herde als „Kinder des Apis“ deutet darauf hin, dass der Apis-Stier als Deckstier dieser Herde fungierte. Es wird davon ausgegangen, dass das Fleisch dieser Rinder durchaus genutzt wurde, da Schlachtopfer im Kult eine Rolle spielten und ein entsprechendes Tabu nicht nachgewiesen ist (Kessler 1989, 102).

Dieses Beispiel einer Tierherde, die in der Nähe eines Tempels gehalten wurde, weist große Ähnlichkeit mit dem Befund aus Syene auf. Die Apis-Kinder wurden ebenfalls bestattet. Die Bestattung dieser Rinder weist allerdings eine Besonderheit auf. Die sterbli-

## 5. Diskussion

chen Überreste wurden in Mumienbinden verpackt, zuvor waren die Knochen allerdings durch Fäulnis entfleischt worden (Kessler 1989, 102; Boessneck u. von den Driesch 1987, 56 f.). Dies ist eine bemerkenswerte Parallele zu der in Abschnitt 5.2 genannten Stelle bei Herodot. Die Tiere müssen folglich nach ihrem Ableben zunächst dicht unter der Oberfläche vergraben worden sein. Wenngleich Kessler (1987b, 20) betont, dass diese Bestattungsform nicht als damals im ganzen Land üblich verallgemeinert werden sollte, weist der Befund aus dem Tierfriedhof von Syene einige Gemeinsamkeiten auf. Zwar fehlen hier die Belege einer sekundären Mumifizierung, einige leere oder fast leere Gruben deuten jedoch darauf hin, dass manche Skelette nach einer gewissen Zeit exhumiert worden waren.

Eine umfangreich untersuchte Rindermumie, die sogenannte Münchner Ochsenmumie, wird am ehesten als Mitglied der Rinderherde des Apis-Stiers gedeutet (Kessler 1987b, 21). Die Befunde am Schädel, aber vor allem am Becken dieses Tieres weisen es eindeutig als männliches und kastriertes Rind aus (Boessneck u. von den Driesch 1987, 58ff.). Da eine ökonomische Nutzung der heiligen Artgenossen, im Gegensatz zu den Inkorporationstieren, durchaus anzunehmen ist, könnte der Ochse als Zugtier Verwendung gefunden haben (Kessler 1987b, 21). Seine errechnete Widerristhöhe von 150 cm weist das Tier als eines der größten je nachgewiesenen Rinder Altägyptens aus (Boessneck u. von den Driesch 1987, 61).

Es deutet also vieles darauf hin, dass es sich bei den in Syene bestatteten Tieren um heilige Artgenossen handelt, die in Form einer zum Tempel der Isis gehörigen heiligen Herde in der Nähe desselben gehalten wurden und über ihre religiöse Bedeutung hinaus auch einer ökonomischen Nutzung unterlagen. Möglicherweise bildete diese Herde auch das Zuchtsubstrat für die im Kult des Gottes Chnum auf Elephantine verwendeten heiligen Widder.

Unter den in Syene bestatteten Schafen befanden sich vermutlich ebenfalls kastrierte männliche Tiere (siehe Abschnitt 4.3.3). Die Kastration könnte in diesem Fall zum einen dem friedlicheren Zusammenleben der Schafe gedient haben. Zum anderen gilt die Wolle der Hammel als feiner (Clutton-Brock u.a. 1990, 9; Peters 1998, 76). Sigl (2017, 158) deutet daher das Vorhandensein großer Zahlen älterer Widder und Hammel als Hinweis auf Wollproduktion, die sie auch aufgrund des Nachweises zahlreicher Webgewichte in Syene annimmt. Somit könnte die heilige Schafherde, deren Mitglieder im Tierfriedhof von Syene bestattet sind, neben der für Schafe nahezu selbstverständlichen Fleischproduktion auch der Wollproduktion gedient haben. Da es sich höchstwahrscheinlich um Fettschwanzschafe handelt (siehe Abschnitt 4.3.5.5), ist darüber hinaus von einer Nutzung des Schwanzfettes auszugehen.

### 5.4. Haltungsbedingungen der Tiere

Vor dem Hintergrund, dass aus praktischen Gründen wohl nicht alle Tierarten gemeinsam gehalten wurden, werden die Lebensumstände der Tiere nach Tierarten getrennt betrachtet.

Das **Schaf** ist nicht nur die häufigste Tierart des Tierfriedhofs, es bietet aufgrund seiner

## 5. Diskussion

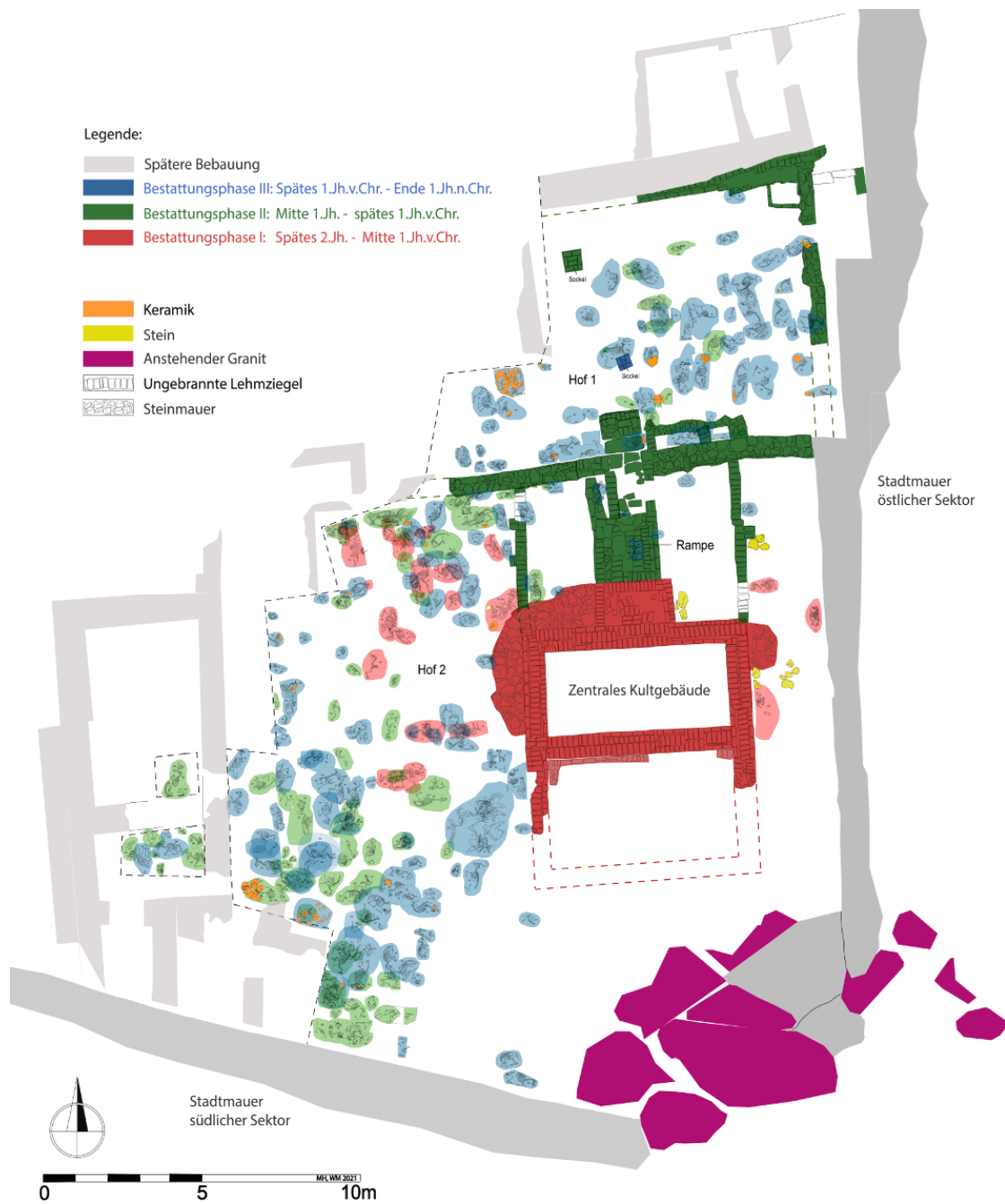


Abbildung 5.2.: Plan des Friedhofsareals

## 5. Diskussion

Anatomie auch die Möglichkeit, in vielen Fällen Zahnalter und Geschlecht zu bestimmen. Entsprechend ist die Aussagekraft der Befunde bei dieser Tierart am größten. So deuten gleich mehrere Beobachtungen darauf hin, dass diese Tiere mangelhaft ernährt wurden. Die deutlichsten Hinweise hierauf liefern die bei mehreren Skeletten festgestellte mangelhafte Mineralisation der Knochen, sowie Eindellungen an Hornzapfen (siehe Abschnitt 4.3.5.3). Auch die Tatsache, dass die Schafe des Tierfriedhofs im Durchschnitt kleiner waren als die Schafe der Siedlung (siehe Abschnitt 4.3.1), kann als Indiz für eine Mangelernährung gewertet werden. Zwar wäre durchaus vorstellbar, dass am Tempel Schafe eines besonderen Typs gehalten wurden, die sich von den ansonsten in der Gegend üblichen Schafen äußerlich unterschieden. Allerdings würde man eher vermuten, dass diese Tiere stattlicher wären als ihre Artgenossen in der Siedlung. Zudem wiesen die Schafe des Tierfriedhofs einen verspäteten Epiphysenfugenschluss auf (siehe Abschnitt 4.3.5.7), der ebenfalls auf ein durch energiearme Ernährung verzögertes Wachstum hindeutet (Popkin u. a. 2012), woraus bei unverändert schlechter Ernährungssituation zwangsläufig auch eine geringere Endgröße resultiert.

Zusätzlich ist zu bedenken, dass Körpergröße und Widerstandskraft dieser Schafpopulation durch Inzucht negativ beeinflusst worden sein könnten. Möglicherweise unterschieden sich die Tiere farblich von den anderen Schafen der Gegend und wurden, um die besondere Farbe bei der Nachzucht zu sichern, nur untereinander gekreuzt. Diverse Texte, altägyptische wie auch griechische und römische, belegen, dass die Fellfarbe und im Fall des Apis sogar die Farbe der Zunge eine große Rolle bei der Auswahl der Inkorporationstiere gespielt hat (Fitzenreiter 2013, 137 f.; Kessler 1989, 76). Falls die Schafherde des Tierfriedhofs tatsächlich dazu bestimmt war, heilige Exemplare für den Chnumkult auf Elephantine hervorzubringen, wäre also eine Selektion auf bestimmte Fellfarben, auch unter Inkaufnahme von Inzucht, nicht unwahrscheinlich.

Der archäologische Befund zeigt nördlich und westlich des zentralen Gebäudes zwei durch Mauern abgegrenzte Bereiche, Hof 1 und Hof 2 (siehe Abbildung 5.2). Massive Dungschichten in diesen Bereichen belegen, dass dort Tierhaltung stattgefunden hat (von Pilgrim u. Müller 2013; Hepa u. a. 2018). Dung fand sich allerdings auch innerhalb des zentralen Gebäudes und in allen anderen Bereichen des ergrabenen Areals (Mariola Hepa und Wolfgang Müller, persönliche Mitteilung, 2021). Nach eigenen Beobachtungen zwischen 2014 und 2018 werden Schafe und Ziegen auf Elephantine noch heute in Lehmziegelverschlägen gehalten. Abbildung 5.3 zeigt, dass hierbei teilweise Überdachungen aus Schilf und Palmwedeln zum Einsatz kommen, um die Tiere vor der Sonne zu schützen.

So oder ähnlich könnte sich auch die Haltung der im Tierfriedhof bestatteten Schafe dargestellt haben. Allerdings muss erwähnt werden, dass die Schafe und Ziegen heute üblicherweise für mehrere Stunden täglich in die Nähe des Nilufers geführt werden, um dort zu weiden. Dass die Schafe des Tierfriedhofs, wie oben erwähnt, schlechter ernährt und daher kleiner waren als ihre Art- und Zeitgenossen aus der Siedlung, deutet darauf hin, dass ihnen diese Möglichkeit versagt war. Auch hinsichtlich der Zahnabnutzung konnte ein Vergleich mit Siedlungsschafen aus Syene durchgeführt werden, der eindeutig zeigte, dass sich die Zähne der Friedhofsschafe schneller abgenutzt hatten (Mutze u. a. 2021b, siehe Abschnitt 3.3). Dies ist ebenfalls ein Hinweis darauf, dass es diesen Tieren nicht möglich war, ihr Futter selbst zu suchen, sondern dass sie mit dem Vorlieb neh-



## 5. Diskussion



Abbildung 5.3.: Schaf- und Ziegenhaltung auf Elephantine 2017

## 5. Diskussion

men mussten, womit man sie fütterte. Dieses Futter könnte bereits auf dem Transport verschmutzt worden sein. Spätestens innerhalb des Geheges ist davon auszugehen, dass eine Verschmutzung des Futters durch Sand und Staub des Bodens stattfand, indem die Tiere auf das Futter traten oder es über den Boden zogen. Wird dieses verschmutzte Futter gefressen, führt dies zwangsläufig zu einer schnelleren Zahnabnutzung. Beim Krankheitsbild der Osteomalazie, unter der zumindest einige Tiere höchstwahrscheinlich litten (siehe Abschnitt 4.3.5.3), wird beobachtet, dass die Tiere Erde fressen, um ihren Mineralstoffmangel auszugleichen (Bostedt u. Dedié 1996, 266). Dies könnte ebenfalls zu einem beschleunigten Zahnabrieb führen. Es ist auch zu bedenken, dass der Zahnschmelz und das Dentin dieser Tiere ebenfalls von einer mangelhaften Mineralisierung betroffen gewesen sein dürften, was deren Abrieb begünstigt haben könnte. So resultieren vermutlich sowohl die Mangelerkrankung als auch der erhöhte Zahnabrieb aus der eingesperreten Lebensweise. Da die Friedhofsschafe sich hinsichtlich dieser beiden Faktoren signifikant von den Siedlungsschafen unterscheiden, muss davon ausgegangen werden, dass sie im Gegensatz zu letzteren nicht regelmäßig ihr Gehege verließen, um sich außerhalb ihr Futter selbst zu suchen.

Die Häufigkeit und Ausprägung intraartikulärer Läsionen an Talus, Humerus und Metapodien der Schafe spricht ebenfalls eindeutig dafür, dass diese Tiere dauerhaft in ihrer Bewegungsfreiheit eingeschränkt waren (siehe Abschnitt 4.3.5.6). Dieser Befund bekräftigt folglich die oben beschriebene Vermutung, allerdings war hinsichtlich intraartikulärer Läsionen kein Vergleich mit den Siedlungsschafen möglich.

Die paläopathologische Untersuchung ergab auffällig viele traumatische Veränderungen an den Schafskeletten (siehe Abschnitt 4.3.5.8). Einerseits ist wahrscheinlich, dass die aufgrund der Mangelerkrankung schlecht mineralisierten Knochen allgemein anfälliger für Frakturen waren. Andererseits zeigt sich eine auffällige Verteilung der Frakturen über das Skelett. So sind Wirbelsäule und Gliedmaßengürtel überproportional häufig von Frakturen betroffen. Eine mögliche Erklärung hierfür wäre, dass sich die Schafe diese Verletzungen unter beengten Haltungsbedingungen gegenseitig beigebracht hatten. Die großen Hörner der stattlichen Widder könnten Verletzungen auf Höhe von Wirbelsäule und Gliedmaßengürtel verursachen. Dagegen spricht, dass sehr häufig die Dornfortsätze der Wirbel betroffen sind, was durch Stöße von oben eher als durch seitliche Stöße zu erklären ist. Darüber hinaus wurde dasselbe Verletzungsmuster auch bei den Hundeskeletten beobachtet, bei denen es sich keinesfalls durch gegenseitige Verletzung erklären lässt. Multiple Frakturen der Rippen und der Dorn- und Querfortsätze der Wirbel in unterschiedlichen Heilungsstadien, wie an den Schafen und auch Hunden des Tierfriedhofs häufig beobachtet, sind deutliche Hinweise auf von Menschenhand herbeigeführte Verletzungen (Teegen 2014).

Im Fall der Schafe ist hierbei vor allem an Stockhiebe zu denken. Dass die Verehrung der heiligen Tiere im alten Ägypten nicht zwingend einen gesundheitsfördernden Umgang mit denselben bedeutet hat, ist hinlänglich bekannt (von den Driesch u. Peters 2003, 18 ff.; Kessler 1991). Dabei ist nicht unbedingt zu unterstellen, dass den Tieren Schmerzen ausschließlich zum Selbstzweck zugefügt wurden. Stockhiebe sind vielmehr ein wirksames Mittel, um Tiere zum Vorwärtsgen zu bewegen und könnten daher beim Treiben der Tiere angewendet worden sein. Auch wenn, wie oben erläutert, die Schafe ihr Gehege

## 5. Diskussion

nicht regelmäßig zum Weiden verließen, so ist doch eine Reihe von Situationen denkbar, in denen sie von den sie betreuenden Personen in Bewegung gesetzt werden mussten. Möglicherweise wurden sie für bestimmte Kulthandlungen oder im Rahmen ihrer Nutzung (Scheren, Melken) hin und wieder innerhalb des Tempelareals verbracht. Selbst bei alltäglichen Tätigkeiten wie dem Füttern oder dem Säubern des Geheges könnten Stockhiebe zur Anwendung gekommen sein, um die Tiere von einer Ecke in die andere zu treiben oder sich neugierige oder hungrige Tiere vom Leib zu halten. Frakturen der Dornfortsätze verursachen zwar ohne Zweifel Schmerzen, schränken die Tiere jedoch in ihrer Lebenserwartung und Nutzbarkeit nicht so offensichtlich ein, dass die betreuenden Personen zu einer Änderung ihres Verhaltens gezwungen wären.

Im Gegensatz zum Schaf lässt sich für den **Hund**, die zweithäufigste Tierart des Tierfriedhofs, aus dem baulichen Befund nicht der genaue Haltungsort rekonstruieren. Da Hunde über eine gewisse Ortstreue verfügen, ist es möglich, dass sie frei im Tempelareal herumliefen. Schriftliche Quellen belegen, dass Hunde im alten Ägypten als Wächter und Beschützer dienten (Bohms 2011, 99 f.). Diese Aufgabe könnten sie auch im Tempelareal erfüllt haben. Hierfür wäre es geradezu notwendig, ihnen eine gewisse Bewegungsfreiheit zuzugestehen. Der archäozoologische Befund steht dem nicht entgegen, liefert allerdings auch keine konkreten Hinweise darauf, dass die Hundehaltung so und nicht anders stattgefunden hat.

Wie bereits erwähnt, zeigen die paläopathologischen Befunde der Hunde deutliche Hinweise auf Misshandlungen in Form von Stockhieben, indem die Dornfortsätze der Wirbel sowie die Schulterblätter überproportional häufig von Frakturen betroffen sind. Wie in Abschnitt 4.4.3.2 näher ausgeführt, kommen eine jagdliche Führung oder gegenseitige Verletzungen als Ursache hierfür weniger infrage. Wenn diese Tiere allerdings, ihrer Funktion als Wachhund entsprechend, über einen ausgeprägten Wach- und Schutzinstinkt verfügten, ist es durchaus nicht unwahrscheinlich, dass des öfteren Stöcke zum Einsatz kamen, um sich ihrer zu erwehren.

Schwerer zu deuten sind die bei 5 Hundeskeletten festgestellten linken Metatarsalfrakturen bei gleichzeitigem Fehlen rechter Metatarsal- und jeglicher Metacarpalfrakturen. Wie ebenfalls in Abschnitt 4.4.3.2 erläutert, ist es nicht wahrscheinlich, dass die Hunde am linken Hinterbein angebunden wurden, da das Halsband erwiesenermaßen das übliche Mittel hierfür war. Denkbar wäre, dass man die Hunde am Hinterbein gepackt und festgehalten hat, um sie am Beißen zu hindern. Steht ein Hund frontal vor einem, so erreicht man als Rechtshänder besser das linke Hinterbein des Hundes als das rechte. Zudem hat man dann noch die linke Hand auf der Seite des Hundes, um diesen abzuwehren. Unklar ist allerdings, ob ein solches Vorgehen jemals üblich war und ob es überhaupt Erfolg verspricht.

Bildliche und schriftliche Quellen beschreiben vielfach Ritualhandlungen, in denen Tiere eine Rolle spielen, wie zum Beispiel das „Treiben der Kälber“ (Fitzenreiter 2013, 59 f.; Kessler 1989, 102 f.), den „Apislauf“ (Fitzenreiter 2013, 53 ff.; Kessler 1989, 73 ff.) oder das „Aussenden der vier Vögel“ (Fitzenreiter 2013, 58). Dabei sind auch solche erwähnt, in denen Gewalt gegen Tiere ausgeübt wird, wie etwa das „Niedertreten der Fische“ (Fitzenreiter 2013, 61 f.) oder die Tötung eines Nilpferdes (Fitzenreiter 2013, 53 ff.), eines Krokodils oder einer Antilope (Fitzenreiter 2013, 60 f.) mit einem Speer oder

## 5. Diskussion

durch Abschneiden des Kopfes. Kessler (1991) berichtet von der massenhaften Strangulation und Verbrennung lebendiger Katzen im Ritual. Entsprechend wäre nicht gänzlich unvorstellbar, dass die Frakturen der linken Hinterpfoten ebenfalls in Rahmen von Ritualhandlungen entstanden sind. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass in einer Abbildung des „Treibens der Kälber“ am Karnak-Tempel die Kälber von Ptolemaios III. am rechten Vorderbein angebunden geführt werden (Fitzenreiter 2013, Abb. 2.9), obwohl dies sicherlich keine besonders praktikable Methode darstellt. Bei all diesen Ritualen stellt sich allerdings stets die Frage, ob dafür lebende Tiere Verwendung fanden, oder ob die Handlungen eventuell an Tierstatuen durchgeführt wurden (Fitzenreiter 2013, 58). Möglicherweise werden zukünftige ägyptologische Forschungen eine Deutungsmöglichkeit der gebrochenen linken Hinterpfoten der Hunde liefern. Natürlich kommt ebenfalls infrage, dass es sich bei dem Phänomen lediglich um Zufall handelt.

Die Auswertung der Knochenmaße (siehe Abschnitt 4.4.1) zeigt, dass sämtliche Hunde sehr schlankwüchsig waren und somit dem Windhundtyp entsprachen. Dies ist insofern bemerkenswert, als die Körpergröße der Tiere stark variierte. Dabei sind die Übergänge zwischen kleinen und großen Hunden fließend, sodass es keine Anhaltspunkte für klar getrennte Typen oder Rassen gibt. Ob die Tiere, wie für Hunde dieser Wuchsform im alten Ägypten üblich, als Jagdhunde Verwendung fanden (Boessneck 1988, 83; Bohms 2011, 93), lässt sich aus dem archäozoologischen Befund nicht rekonstruieren.

Einige der adulten Hunde hatten stark abgenutzte Zähne (siehe Abschnitt 4.4.3.1). Angesichts des sandigen Untergrunds kann dies allerdings nicht verwundern. Die Nahrung der Hunde wird überwiegend aus Schlachtabfällen bestanden haben, die häufig knöcherner oder stark sehniger Strukturen enthalten und sich erst durch ausgedehntes Kauen und Nagen so weit zerkleinern lassen, dass sie abgeschluckt werden können. Liegt der Hund dabei auf sandigem Untergrund, so bleibt der Sand an dem durch Speichel angefeuchteten Nahrungsbrocken kleben und wird zwangsläufig mitgefressen. Verbißsspuren haben außerdem gezeigt, dass Hunde sich auch teilweise an den oberflächlich bestatteten Schafskadavern bedient haben (siehe Abschnitt 4.1.2). Vermutlich sind sie auch stellenweise für das Fehlen ganzer Gliedmaßen (-abschnitte) verantwortlich. Auch dies ist ein Hinweis darauf, dass sich die Hunde im Friedhofsareal frei bewegen konnten.

Das **Rind** ist im Tierfriedhof erstaunlicherweise ausschließlich durch Jungtiere vertreten (siehe Abschnitt 4.45). Darunter waren auch sehr junge Kälber, was eindeutig eine Zuchtaktivität belegt. Adulte Rinder müssen folglich existiert haben, finden sich aber nicht im Tierfriedhof. Prinzipiell sind hierfür zwei Erklärungsansätze denkbar. Entweder die Rinder wurden im Tempelareal gehalten, die adulten aber anderswo bestattet, oder die Rinder wurden außerhalb des Tempelareals gehalten und nur die Jungtiere zur Bestattung zum Tierfriedhof gebracht. Letzteres ist sehr viel wahrscheinlicher, da erstens der Platz für die Rinderhaltung im Tempelareal durch die angrenzende Stadtmauer sehr begrenzt war und zweitens der Transport eines ausgewachsenen toten Rindes deutlich schwieriger zu bewerkstelligen ist als der Transport eines toten Kalbes. So wäre es absolut naheliegend, die Rinderhaltung außerhalb zu betreiben und die adulten Tiere, wenn sie verenden, vor Ort zu bestatten oder anderweitig zu entsorgen. Die Kälber hingegen konnte man mit geringem Aufwand zum Tierfriedhof bringen und dort bestatten. Unabhängig vom Transport hätte allein aus Platzgründen die regelmäßige Bestattung adulter



## 5. Diskussion

Rinder im Areal des Tierfriedhofs Schwierigkeiten bereitet. Denkbar wäre auch, dass die Rinderhaltung und -bestattung grundsätzlich außerhalb stattfand, jedoch schwache oder kranke Kälber zur besseren Überwachung und Betreuung samt Muttertier ins Tempelareal verbracht wurden. Wenn sie dennoch starben, wäre eine Bestattung im Tierfriedhof naheliegend.

Zwei der Jungrinder zeigten Frakturen der Dornfortsätze (1x Brustwirbel, 1x Lendenwirbel) und eines am linken Hüftbein. Diese Verletzungen könnten ebenfalls durch Stockhiebe hervorgerufen worden sein. Aufgrund der geringen Anzahl ist diese Aussage allerdings mit Vorsicht zu genießen, zumal Rinder sich durch ihre stattlichen Hörner noch leichter als Schafe nennenswerte Verletzungen gegenseitig zufügen können. Auf diese Weise könnte auch das umfangreiche Rippentrauma eines 15 bis 18 Monate alten Jungrindes (siehe Abschnitt 4.5.2.1) entstanden sein, wofür es allerdings naturgemäß keinen Beweis geben kann.

Die **Katze** ist im Tierfriedhof durch nur 11 Exemplare vertreten, von denen nur ein einziges adult war. Die Frakturen dieser Tiere verteilen sich in unauffälliger Weise über das Skelett, Wirbel sind nicht betroffen (siehe Abschnitt 4.50). Es gibt folglich keine Hinweise auf Misshandlungen, jedoch lassen sich aufgrund der geringen Anzahl der Funde auch sonst keine belastbaren Schlüsse ziehen. Es wurden an einigen Tierskeletten sehr feine Verbißsspuren beobachtet (siehe Abschnitt 4.1.2), die möglicherweise von Katzen stammen. Dies deutet darauf hin, dass die Katzen sich ebenso wie die Hunde frei im Tempelareal bewegen konnten. Bei Katzen ist dies allerdings ohnehin zu erwarten, da sie sehr ortstreu sind und sich daher leicht frei halten lassen. Nachdem sie außerdem äußerst gute Kletterer sind, hätte man sie in richtige Käfige sperren müssen, um ihre Bewegungsfreiheit wirksam einzuschränken. Diese Behandlung wird aufgrund des damit verbundenen Aufwandes wohl den Inkorporationstieren vorbehalten gewesen sein. Zudem wurde die Katze im alten Ägypten als Ratten- und Mäusejäger geschätzt (Bohms 2011, 142 f.). Da im Tempelareal sicherlich diverse Speisen aufbewahrt wurden, wird dies auch hier zu ihren Aufgaben gezählt haben. Sie in Käfige zu sperren, wird sich damit von selbst verboten haben. Vielmehr ist davon auszugehen, dass die Katzen das Tempelareal auch verlassen konnten und mit diesem eher lose assoziiert waren, da Mauern und Zäune für sie üblicherweise keine Hindernisse darstellen.

Unter den Tierbestattungen befindet sich lediglich eine einzige **Ziege**, die nur ein Alter von etwa 3 Monaten erreichte (siehe Abschnitt 4.7). Offensichtlich hat keine ausgeprägte Ziegenhaltung im Tempelareal stattgefunden. Woher die eine Ziege stammt, ist folglich unklar. In Siedlungskontexten aus Syene sind Ziegenknochen durch alle Epochen hindurch nachgewiesen, wenngleich das Schaf meist etwas häufiger zu finden ist (Sigl 2017, 144). In der Siedlung von Syene wurden also zweifelsfrei auch zur Nutzungszeit des Tierfriedhofs Ziegen gehalten, sodass die Existenz einer einzigen Ziegenbestattung kein unlösbares Rätsel darstellt. Möglicherweise handelt es sich um das Jungtier einer Geiß, die zur Versorgung des Tempelpersonals mit Ziegenmilch im Areal untergebracht war. Die Ziegenbestattung ist aber zweifelsohne eine Ausnahme, aus der sich keine belastbare Aussage ableiten lässt.

## 5.5. Perspektiven

Ägyptische Tierbestattungen sind zwar schon lange bekannt, eine umfangreiche Untersuchung hat aber häufig nicht stattgefunden oder beschränkte sich auf die sehr aufwendig bestatteten Inkorporationstiere. Die Gruppe der heiligen Artgenossen war somit schwer fassbar. Die umfassende archäozoologische Untersuchung des Tierfriedhofs von Syene hat wertvolle Einblicke in Leben und Tod dieser Tiere geliefert, konnte dabei jedoch kaum auf vergleichbare Materialien bzw. Kontexte zurückgreifen.

Der Wert dieser Studie liegt daher nicht ausschließlich in der derzeitigen Interpretation der Befunde, die als Momentaufnahme zu verstehen ist, sondern auch darin, dass sie eine Vergleichsbasis für künftige Untersuchungen liefert. Dafür können einerseits die publizierten Befunde dienen. Andererseits wurde aber auch großer Wert darauf gelegt, das Material für künftige Analysen zu erhalten. Zu diesem Zweck wurden sämtliche im Areal des Tierfriedhofs geborgene Tierreste, Bestattungen wie Einzelknochen, nach der archäozoologischen Untersuchung sorgfältig verpackt und im Magazin des Ministry of Antiquities in Assuan untergebracht.

Dieses einzigartige Knochenmaterial hat weit über die Erforschung des ägyptischen Tierkults hinaus größte Bedeutung. Vor allem die vielen nahezu vollständigen Schafskelette können als Materialbasis zur Weiterentwicklung archäozoologischer Methoden dienen, wie in dieser Studie am Beispiel der Abkaugeschwindigkeit von Zähnen (siehe Kapitel 3), sowie der Widerristhöhenschätzung (siehe Abschnitt 4.3.1) demonstriert. Darüber hinaus sind Studien zu Geschlechtsdimorphismus und Größenvariabilität geplant, die es gegebenenfalls ermöglichen, sich einer Geschlechtsbestimmung in Schafpopulationen auf der Basis osteometrischer Daten zu nähern.

Der Tierfriedhof von Syene selbst konnte nicht vollständig ergraben werden, da er teilweise unter einer modernen Straße liegt, die von Südwest nach Nordost orientiert ist. Diese trennt den Isis-Tempel im Norden von dem untersuchten Teil des Tierfriedhofs im Süden und überlagert somit große Teile des zum Tempel gehörigen Areals, darunter auch einen Teil des Tierfriedhofs. Langfristige Pläne der ägyptischen Behörden und des Schweizerischen Instituts für Ägyptische Bauforschung und Altertumskunde sehen die Errichtung einer zentralen archäologischen Zone Assuans vor, im Rahmen derer die Straße verlegt und somit Tempel und Tierfriedhof vereint würden. Die damit verbundene archäologische Untersuchung würde neben den restlichen Tierbestattungen möglicherweise auch weitere bauliche Befunde zutage fördern, die in Zusammenhang mit der Tierhaltung im Tempelareal stehen.

Studien wie die hier vorgelegte tragen zweifelsohne dazu bei, der Archäozoologie im Rahmen der Erforschung des ägyptischen Tierkults größere Bedeutung beizumessen, so dass gerade die weniger aufwendigen Tierbestattungen künftig hoffentlich häufiger einer gründlichen archäozoologischen Untersuchung unterzogen werden. Die anhand des Tierfriedhofs von Syene bereits gewonnenen Erkenntnisse illustrieren das wissenschaftliche Potential solcher Fundsituationen in eindrucklicher Weise.

## 6. Zusammenfassung

Vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit den archäozoologischen Befunden der Tierbestattungen aus dem Tierfriedhof von Syene, dem heutigen Assuan in Oberägypten. Dieser Tierfriedhof wurde von ca. 200 v. Chr. bis ca. 100 n. Chr. belegt und erstreckt sich damit über einen Zeitraum von knapp dreihundert Jahren, von der ptolemäischen in die früh-römische Zeit. Die Tierkadaver waren ohne vorherige Mumifizierung in seichten Gruben bestattet, die Köpfe oder sogar die ganzen Körper bei einigen Tieren mit Wandscherben großer Keramikgefäße abgedeckt worden. Teilweise fanden sich bei den Bestattungen Grabbeigaben in Form vollständiger Keramikgefäße. Gelegentlich beobachtete Spuren von Verbiss und Verwitterung an den Tierskeletten bezeugen die oberflächliche Bestattung. Die relativ wenig aufwendige Art der Bestattung deutet darauf hin, dass es sich nicht um göttliche Einzelexemplare, sogenannte Inkorporationstiere, handelt, sondern um deren „heilige Artgenossen“, deren Haltung vermutlich mit dem nahegelegenen Isis-Tempel assoziiert war. Es wird angenommen, dass die „heilige Herde“ durchaus einer wirtschaftlichen Nutzung unterlag, im Gegensatz zu den Inkorporationstieren, für die dies nicht infrage kam.

Insgesamt konnten 327 Tierbestattungen archäozoologisch untersucht werden, darunter waren 246 Schafe, 56 Hunde, 13 Rinder, 11 Katzen und eine einzige Ziege. Unter den Schafen befanden sich 11 trächtige Mutterschafe mit jeweils einem fetalen Skelett. Schnitt-, Hack- oder sonstige Bearbeitungsspuren konnten an keinem der Skelette festgestellt werden, insbesondere nicht an den Ventralseiten der Halswirbel, wo Schnittspuren zu erwarten wären, wenn die Tiere regelmäßig durch einen Schächtschnitt getötet worden wären. An einigen Skeletten fanden sich hingegen pathologische Erscheinungen, bei denen es sich höchstwahrscheinlich um die Todesursache handelt. Hier sind vor allem hochgradige Periodontitiden, multiple Rippenfrakturen, sowie die verheilte Beckenfraktur eines Mutterschafes zu nennen, durch die der Geburtskanal so deformiert war, dass das Jungtier nicht geboren werden konnte.

Zusätzlich zu den identifizierten Todesursachen und den fehlenden Schnittspuren spricht vor allem die Altersverteilung dafür, dass es sich um verendete und nicht um getötete Tiere handelt. Bei allen Tierarten sind sehr junge Tiere besonders stark vertreten. Bei den Schafen lässt die Altersverteilung zwei weitere, überdurchschnittlich stark vertretene Gruppen erkennen, nämlich zwei- bis vierjährige weibliche Schafe, sowie Tiere um das sechste Lebensjahr. Letztere lassen sich mit Zahnproblemen assoziieren, mittelalte weibliche Schafe mit Problemen rund um die Fortpflanzung. Jungtiere wiederum sind bei allen Tierarten besonders anfällig für schwere Verläufe von Infektionskrankheiten.

Die Gruben, in denen die Tiere bestattet waren, sind in mächtige Schichten aus Dung und Streuresten eingetieft, was belegt, dass im Friedhofsareal Tierhaltung stattgefunden hat. Vermutlich stammen diese Hinterlassenschaften von einst dort gehaltenen Schafen.

## 6. Zusammenfassung

Mehrere Befunde deuten darauf hin, dass diese Schafe eingepfercht gehalten wurden und das Friedhofsareal nicht regelmäßig verlassen haben. Einige Schafskelette zeigen eine mangelhafte Mineralisation, die für eine Mangelernährung spricht. Der Vergleich mit Schafknochen aus Siedlungskontexten ähnlicher Zeitstellung aus Syene zeigt, dass die bestatteten Schafe zudem signifikant kleiner waren als ihre Artgenossen in der Siedlung. Auch dies spricht für eine schlechtere Ernährung.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde eine neuartige Methode zur Bestimmung der Zahnabnutzungsgeschwindigkeit beim Schaf entwickelt. Diese dient primär der genaueren Zahnaltersschätzung, erlaubt aber auch den Vergleich zweier Schafpopulationen hinsichtlich ihrer Zahnabnutzungsgeschwindigkeit. Auch hier wurden die Schafe aus der Siedlung als Vergleichspopulation verwendet und es konnte gezeigt werden, dass die Unterkieferzähne der Friedhofsschafe sich signifikant schneller abgenutzt hatten als die der Siedlungsschafe. Somit kommt die sandige Gegend allein nicht als Grund für die extrem schnelle Zahnabnutzung infrage. Vielmehr scheinen die Friedhofsschafe im Gegensatz zu den Schafen aus der Siedlung nennenswerte Mengen des Bodengrundes mitgefressen zu haben, entweder, weil das ihnen vorgeworfene Futter damit verschmutzt war, oder um ihren Mineralstoffmangel auszugleichen, oder beides.

Zu guter Letzt deuten auch intraartikuläre Pathologien darauf hin, dass die bestatteten Schafe zu Lebzeiten deutlich in ihrer Bewegungsfreiheit eingeschränkt waren. Es spricht folglich alles dafür, dass diese Tiere auf sehr begrenztem Raum gehalten wurden und ihren Verschlag nicht regelmäßig verlassen konnten, um sich außerhalb, am Nilufer bzw. seinen Schwemmflächen, ihr Futter selbst zu suchen.

Die Hunde und Katzen konnten sich hingegen vermutlich frei im Tempelareal und möglicherweise auch darüber hinaus bewegen. Dafür sprechen Verbissspuren, die an den Skeletten einiger bestatteter Tiere festgestellt wurden. Dabei konnten Bissspuren zweier unterschiedlich großer Carnivorenarten unterschieden werden. Bei der größeren handelt es sich höchstwahrscheinlich um den Hund, die feineren Bissspuren könnten von Katzen, oder aber auch von Füchsen stammen. Für die freie Bewegungsmöglichkeit von Hunden und Katzen im Tempelareal spricht auch, dass Hunde im alten Ägypten als Wächter und Beschützer, Katzen als Vernichter von Ungeziefer wie Mäusen und Ratten beliebt waren. Diesen Aufgaben können die Tiere jedoch nur nachgehen, wenn sie sich frei bewegen können.

Bei den im Tierfriedhof bestatteten Rindern handelt es sich ausnahmslos um Jungtiere. Dies lässt sich am wahrscheinlichsten dadurch erklären, dass die Rinderherde nicht im unmittelbaren Umfeld des Tempels und des Tierfriedhofs gehalten wurde, sondern außerhalb, möglicherweise jenseits der angrenzenden Stadtmauer. Dort würden sich Haltung und Futterversorgung dieser großen Tiere einfacher gestalten als im begrenzten Tempelareal. Vermutlich hat man aufgrund des komplizierteren Transports und des begrenzten Platzangebots im Tierfriedhof darauf verzichtet, die ausgewachsenen Rinder nach ihrem Ableben dort zu bestatten und stattdessen nur die leichter zu transportierenden Kälber dorthin verbracht. Alternativ wäre möglich, dass kranke oder schwache Kälber samt ihrer Mütter zur besseren Überwachung ins Tempelareal gebracht wurden und dort bestattet wurden, wenn sie trotz der Pflege verendeten.

Die paläopathologische Untersuchung der Schafe, Hunde und Rinder ergab eine außer-

## 6. Zusammenfassung

gewöhnliche Häufigkeit von Frakturen der Wirbel und Gliedmaßengürtel, insbesondere der Dornfortsätze. Häufig lagen an einem Skelett mehrere dieser Frakturen in unterschiedlichen Heilungsstadien vor, ein Befund, der als deutlicher Hinweis auf von Menschenhand herbeigeführte Verletzungen zu werten ist. Am ehesten handelte es sich hierbei um Schläge von oben, die mit stumpfen Gegenständen, vermutlich mit Stöcken, ausgeübt wurden. Es ist allerdings nicht wahrscheinlich, dass die Stockhiebe den primären Zweck hatten, den Tieren Schmerzen zuzufügen. Bei Rindern und Schafen wurden sie vermutlich angewendet, um die Tiere in die gewünschte Richtung zu treiben, bei den Hunden könnten sie angewendet worden sein, um die möglicherweise aggressiven oder hungrigen Tiere abzuwehren.

Die vorliegende Arbeit bietet damit wertvolle Einblicke in die Lebensrealität der sogenannten „heiligen Artgenossen“ und zeigt, dass gerade die umfangreiche Untersuchung der nicht mumifizierten Tierbestattungen großes Potential für die Erforschung und das Verständnis des Ägyptischen Tierkults birgt.



## 7. Summary

Research carried out in the frame of this dissertation project deals with the archaeozoological findings of animal burials from the animal necropolis of Syene, today's Aswan, in Upper Egypt. This animal cemetery was used from about 200 B.C. to about 100 A.D., thus spanning a period of almost 300 years, from the Ptolemaic to the early Roman period. The animals were buried in shallow pits without prior mummification, and the heads, or even the entire bodies, of some animals were covered with sherds from large ceramic vessels. In some cases, grave goods in the form of complete ceramic vessels were found next to the animal corpses. Occasional traces of chewing and weathering on some skeletal elements confirm that the burials were shallow. The relatively low-effort mode of burial suggests that these were not single specimens that were manifestations of a deity, so-called "embodying animals", but "sacred conspecifics", that is, members of religiously significant species or groups of animals belonging to several species, that were presumably maintained in association with the nearby temple of Isis. It is assumed that the "temple herd" was exploited in the economy of the temple, unlike embodying animals, for which this was not an option.

It was possible to examine a total of 327 animal burials archaeozoologically: 246 sheep, 56 dogs, 13 cattle, 11 cats, and a single goat. Among the sheep there were 11 pregnant ewes, with one fetal skeleton each. No cut marks or chop marks were found on any of the skeletons, not even on the ventral sides of the cervical vertebrae, where cut marks would be expected if the animals had normally been killed by a throat cut. On some skeletons, however, pathological conditions were found which most likely caused the animal's death. In particular, there were cases of severe periodontal disease, multiple rib fractures, and a healed pelvic fracture of a ewe that deformed the birth canal so that the mature fetus could not be born.

In addition to the identifiable causes of death and the lack of cut marks, the age distribution in particular suggests that these animals had perished without human intervention. Very young individuals are strongly represented in all species. In sheep, the age distribution reveals two further overrepresented groups, namely two- to four-year-old females, as well as animals around the age of six. The first group can be associated with problems related to reproduction, and the second with dental problems. Juveniles of all species, however, are particularly prone to severe cases of infectious diseases, explaining their high contribution to this faunal assemblage.

The pits in which the animals were buried are dug into thick layers of dung and remains of straw and plant fibres, which proves that animal husbandry took place in the area of the necropolis. Presumably these organic remains originated from sheep kept at the site. Several findings indicate that these sheep had been penned and did not leave the area regularly. Some sheep skeletons show poor mineralisation, indicating malnutrition.

## 7. Summary

Comparison with sheep bones from contemporaneous settlement contexts at Syene shows that the buried sheep were also significantly smaller sized than their conspecifics in the settlement. This too suggests poorer dietary conditions.

In this study, a new method for determining the tooth wear rate in sheep was developed. It is primarily used for more accurate dental age estimates, but it also makes it possible to compare the tooth wear rate of two sheep populations. Here again, the sheep from the settlement were used for comparison. It could be demonstrated that the mandibular teeth of the buried sheep had worn down significantly faster than those of the settlement sheep. Thus, the sandy character of the area cannot be the only reason for the extremely fast tooth wear. Rather, in contrast to the sheep from the settlement, the necropolis sheep seem to have ingested significant amounts of the substrate, either because their fodder was contaminated with it, or to compensate for their mineral deficiency, or both. Finally, intra-articular pathologies also indicate that the buried sheep were restricted in their mobility during their lifetime. All these observations strongly suggest that these animals were kept in a very limited space and could not regularly leave their corrals to find their own food outside.

Conversely, dogs and cats were probably able to move much more freely within the temple area, and possibly even beyond. This is supported by chewing marks found on the skeletons of some buried animals. Chewing marks of two carnivore species of different size could be distinguished. The larger ones most likely come from dogs, while the finer chewing marks could be from cats or foxes. Free movement of dogs and cats in the temple area is also supported by the fact that dogs were widely used in ancient Egypt as guards, and cats as controllers of pests, such as mice and rats. The animals can only fulfil these roles if they are allowed to move freely around their territory.

The cattle buried in the animal cemetery are exclusively juveniles. This can most likely be explained by assuming that the herd of cattle was not kept in the immediate vicinity of the temple and the animal necropolis but elsewhere, possibly beyond the adjacent town wall. There, keeping and feeding these large animals would have been easier than in the limited temple area. Presumably, due to the difficulty of transport and the limited space available in the animal necropolis, adult cattle corpses were not buried there; instead, only the more easily transported calves were introduced to the animal necropolis.

Palaeopathological examination of the remains of sheep, dogs and cattle revealed an exceptional frequency of fractures of the vertebrae and limb girdles, especially the spinous processes. Frequently, several of these fractures, at different stages of healing, were present in a single skeleton, a finding that is interpreted as evidence of maltreatment. These injuries most likely resulted from strokes from above, applied with blunt objects, presumably sticks. However, it is not likely that the strokes had the primary purpose of inflicting pain on the animals. In the case of cattle and sheep, they were probably applied to drive the animals in the preferred direction; in the case of the dogs, they may have been applied to ward off the possibly aggressive or hungry animals.

The present work thus offers valuable insights into the reality of life of the "temple herd". It shows that intensive examination of less elaborate, non-mummified animal burials has great potential for research and for understanding ancient Egyptian animal cult practices.



# Literaturverzeichnis

- [Adler 2013] ADLER, C.-P.: *Knochenkrankheiten: Diagnostik makroskopischer, histologischer und radiologischer Strukturveränderungen des Skeletts*. 2. Auflage. Springer, 2013
- [Allen 1877] ALLEN, J. A.: The Influence of Physical Conditions in the Genesis of Species. In: *Radical Review* 1 (1877), S. 108–140
- [Ashby u. Bowers 2013] ASHBY, M. P. J. ; BOWERS, K. J.: A comparison of methods for temporal analysis of aoristic crime. In: *Crime Science* 2 (2013), Nr. 1, S. 381
- [Barone 1976] BARONE, R.: *Anatomie comparée des mammifères domestiques*. 2. Auflage. Paris : Vigot Frères, 1976
- [Bartosiewicz 2008] BARTOSIEWICZ, L.: Description, Diagnosis and the Use of Published Data in Animal Palaeopathology: A Case Study Using Fractures. In: *Veterinarija ir Zootechnika* 41 (2008), Nr. 63, S. 12–24
- [Bartosiewicz 2013] BARTOSIEWICZ, L.: *Shuffling Nags, Lamé Ducks: The Archaeology of Animal Disease*. Oxford : Oxbow Books, 2013
- [Behr 1928] BEHR, E.: Die Abnutzung der Zähne bei den Karakul-Schafen mit besonderer Berücksichtigung der Abnutzungsanomalien und der Altersbestimmung nach dem Zahnwechsel. In: *Kühn-Archiv* 18 (1928), S. 70–114
- [Boessneck 1988] BOESSNECK, J.: *Die Tierwelt des Alten Ägypten untersucht anhand kulturgeschichtlicher und zoologischer Quellen*. München : C.H. Beck, 1988
- [Boessneck u. von den Driesch 1987] BOESSNECK, J. ; DRIESCH, A. von d.: Zoologisch-haustierkundliche Befunde an der Rindermumie. In: EGGBRECHT, A. (Hrsg.): *Die Münchner Ochsenmumie*. Hildesheim : Gerstenberg Verlag, 1987, S. 55–71
- [Boessneck u. a. 1964] BOESSNECK, J. ; MÜLLER, H.-H. ; TEICHERT, M.: Osteologische Unterscheidungsmerkmale zwischen Schaf und Ziege. In: *Kühn-Archiv* 78 (1964), Nr. 1-2
- [Bohms 2011] BOHMS, I.: *Säugetiere in der altägyptischen Literatur*. Berlin : LIT Verlag, 2011
- [Bostedt u. Dedié 1996] BOSTEDT, H. ; DEDIÉ, K.: *Schaf- und Ziegenkrankheiten*. 2. Auflage. Stuttgart : Ulmer, 1996 (UTB für Wissenschaft Grosse Reihe Veterinärmedizin)

- [Brinkmann 1924] BRINKMANN, A.: Canidenstudien V-VI. In: *Bergens Museums Aarbok 1923/24*. 1924, S. 1–57
- [Brockhaus 1988] BROCKHAUS, F. A.: *Brockhaus Enzyklopädie*. Bd. 7. 19. Auflage. Mannheim : F. A. Brockhaus GmbH, 1988
- [Brockhaus 1993] BROCKHAUS, F. A.: *Brockhaus Enzyklopädie*. Bd. 22. 19. Auflage. Mannheim : F. A. Brockhaus GmbH, 1993
- [de Buffon 1772] BUFFON, G.-L. L.: *Herrn von Buffons Naturgeschichte der vierfüßigen Thiere*. Berlin, 1772
- [Burbidge u. a. 1995] BURBIDGE, H. M. ; THOMPSON, K. C. ; HODGE, H.: Post natal development of canine caudal cervical vertebrae. In: *Research in Veterinary Science* 59 (1995), S. 35–40
- [Chaix u. Grant 1987] CHAIX, L. ; GRANT, A.: A study of a prehistoric population of sheep (*Ovis aries* L.) from Kerma (Sudan) - Archaeozoological and archaeological implications. In: *Archaeozoologia* 1 (1987), Nr. 1, S. 77–92
- [Clutton-Brock u. a. 1990] CLUTTON-BROCK, J. ; DENNIS-BRYAN, K. ; ARMITAGE, P. L. ; JEWELL, P. A.: Osteology of the Soay sheep. In: *Bulletin of the British Museum (Natural History)* 56 (1990), S. 1–56
- [Cornevin u. Lesbre 1894] CORNEVIN, C. ; LESBRE, F.: *Traité de l'âge des animaux domestiques d'après les dents et les productions*. Paris : Librairie J.-B. Baillière et Fils, 1894
- [Dahr 1937] DAHR, E.: Studien über Hunde aus primitiven Steinzeitkulturen in Nordeuropa. In: *Lunds Universitets Arsskrift* 23 (1937), Nr. 4
- [Davis 2000] DAVIS, S. J. M.: The Effect of Castration and Age on the Development of the Shetland Sheep Skeleton and a Metric Comparison Between Bones of Males, Females and Castrates. In: *Journal of Archaeological Science* 27 (2000), S. 373–390
- [Delange u. Jaritz 2013] DELANGE, E. ; JARITZ, H.: *Archäologische Veröffentlichungen*. Bd. 105: *Elephantine XXV Der Widderfriedhof des Chnumtempels*. Wiesbaden : Harrassowitz Verlag, 2013
- [Deniz u. Payne 1979] DENİZ, E. ; PAYNE, S.: Eruption and wear in the mandibular dentition of Turkish Angora goats in relation to ageing sheep/goat mandibles from archaeological sites. In: KUBASIEWICZ, M. (Hrsg.): *Archaeozoology* Bd. 1. Szczecin, 1979, S. 153–163
- [Deniz u. Payne 1982] DENİZ, E. ; PAYNE, S.: Eruption and wear in the mandibular dentition as a guide to ageing Turkish Angora Goats. In: WILSON, B. (Hrsg.) ; GRIGSON, C. (Hrsg.) ; PAYNE, S. (Hrsg.): *Ageing and sexing animal bones from archaeological sites*. Oxford : BAR, 1982, S. 155–204

- [D’Incau u. a. 2015] D’INCAU, E. ; COUTURE, C. ; CRÉPEAU, N. ; CHENAL, F. ; BEAUVAL, C. ; VANDERSTRAETE, V. ; MAUREILLE, B.: Determination and validation of criteria to define hypercementosis in two medieval samples from France (Sains-en-Gohelle, AD 7th-17th century; Jau-Dignac-et-Loirac, AD 7th-8th century). In: *Archives of Oral Biology* (2015)
- [von den Driesch 1975] DRIESCH, A. von d.: Die Bewertung pathologisch-anatomischer Veränderungen an vor- und frühgeschichtlichen Tierknochen. In: CLASON, A. T. (Hrsg.): *Archaeozoological studies*. Amsterdam, Oxford, 1975, Kapitel 6.5, S. 413–425
- [von den Driesch 1976] DRIESCH, A. von d.: *A guide to the measurement of animal bones from archaeological sites*. Cambridge : Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University, 1976
- [von den Driesch u. Peters 2003] DRIESCH, A. von d. ; PETERS, J.: *Geschichte der Tiermedizin*. 2. Auflage. Stuttgart, New York : Schattauer, 2003
- [Ducos 1968] DUCOS, P.: *L’Origine des Animaux Domestiques en Palestine*. Bordeaux : Imprimeries Delmas, 1968 (Publications de l’Institut de Préhistoire de l’Université de Bordeaux, Mémoire 6)
- [Ducos 1988] DUCOS, P.: *Cahiers du quaternaire*. Bd. 12: *Archéozoologie quantitative: Les valeurs numériques immédiates à Çatal Hüyük*. Paris : Ed. du C.N.R.S, 1988
- [Dürst u. Gaillard 1902] DÜRST, J. U. ; GAILLARD, C.: Studien über die Geschichte des Aegyptischen Hausschafes. In: *Recueil de Travaux rel. à la Philologie et à l’ Archéologie égyptiennes et assyriennes* 24 (1902), S. 44–76
- [Eckert u. a. 2005] ECKERT, J. ; FRIEDHOFF, K. T. ; ZAHNER, H. ; DEPLAZES, P.: Lehrbuch der Parasitologie für die Tiermedizin. In: *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* (2005)
- [Edgar 1906] EDGAR, C. C.: *Sculptors’ Studies and Unfinished Works*. Le Caire : Impr. de l’Institut français d’archéologie orientale, 1906 (Catalogue Général)
- [von Engelhardt u. Breves 2005] ENGELHARDT, W. von ; BREVES, G.: *Physiologie der Haustiere*. 2. Auflage. Stuttgart : Enke, 2005
- [Ewbank u. a. 1964] EWBANK, J. M. ; PHILLIPSON, D. W. ; WHITEHOUSE, R. D.: Sheep in the Iron Age: a Method of Study. In: *Proceedings of the Prehistoric Society* 30 (1964), S. 423–426
- [Fernández-Jalvo u. Andrews 2016] FERNÁNDEZ-JALVO, Y. ; ANDREWS, P.: *Atlas of Taphonomic Identifications*. Dordrecht : Springer, 2016
- [Field u. a. 2012] FIELD, A. ; MILES, J. ; FIELD, Z.: *Discovering statistics using R*. Reprint. Los Angeles, Calif. : Sage, 2012

- [Fitzenreiter 1998] FITZENREITER, M.: Tod und Tabu - Der Tote und die Leiche im kulturellen Kontext Altägyptens und Europas. In: FITZENREITER, M. (Hrsg.) ; KIRCHNER, S. (Hrsg.) ; KRISELEIT, O. (Hrsg.): *Die ägyptische Mumie - ein Phänomen der Kulturgeschichte*. 1998, S. 9–18
- [Fitzenreiter 2013] FITZENREITER, M.: *Tierkulte im pharaonischen Ägypten*. München : Wilhelm Fink Verlag, 2013
- [Gelberg 2009] GELBERG, H. B.: Verdauungsorgane. In: *Pathologie der Haustiere*. 2009, S. 277–366
- [Grant 1975a] GRANT, A.: Appendix B: The Use of Tooth Wear as a Guide to the Age of Domestic Animals - A Brief Explanation. In: CUNLIFFE, B. (Hrsg.): *Excavations at Portchester Castle. 1: Roman*. London : Society of Antiquaries, 1975 (Reports of the Research Committee of the Society of Antiquaries of London), S. 437–450
- [Grant 1975b] GRANT, A.: The Animal Bones. In: CUNLIFFE, B. (Hrsg.): *Excavations at Portchester Castle. 1: Roman*. London : Society of Antiquaries, 1975 (Reports of the Research Committee of the Society of Antiquaries of London), S. 378–408
- [Grant 1978] GRANT, A.: Variation in Dental Attrition in Mammals and its Relevance to Age Estimation. In: BROTHWELL, D. R. (Hrsg.) ; THOMAS, K. D. (Hrsg.) ; CLUTTON-BROCK, J. (Hrsg.): *Research Problems in Zooarchaeology*. London : Taylor and Francis, 1978 (University College London Institute of Archaeology Publications), S. 103–106
- [Grant 1982] GRANT, A.: The Use of Tooth Wear as a Guide to the Age of Domestic Ungulates. In: WILSON, B. (Hrsg.) ; GRIGSON, C. (Hrsg.) ; PAYNE, S. (Hrsg.): *Ageing and sexing animal bones from archaeological sites*. Oxford : BAR, 1982 (BAR British Series), S. 91–108
- [Habermehl 1975] HABERMEHL, K.-H.: *Die Altersbestimmung bei Haus- und Labortieren ; mit 22 Tabellen*. 2. Auflage. Berlin : Parey, 1975
- [Halstead u. Collins 2002] HALSTEAD, P. ; COLLINS, P.: Sorting the Sheep from the Goats: Morphological Distinctions between the Mandibles and Mandibular Teeth of Adult Ovis and Capra. In: *Journal of Archaeological Science* 29 (2002), S. 545–553
- [Hancock u. a. 2012] HANCOCK, S. N. ; OLIVER, M. H. ; MCLEAN, C. ; JAQUIERY, A. L. ; BLOOMFIELD, F. H.: Size at birth and adult fat mass in twin sheep are determined in early gestation. In: *Journal of Physiology* (2012)
- [Harcourt 1974] HARCOURT, R. A.: The Dog in Prehistoric and Early Historic Britain. In: *Journal of Archaeological Science* 1 (1974), S. 151–175
- [Hastie u. Tibshirani 1986] HASTIE, T. ; TIBSHIRANI, R.: Generalized Additive Models (with discussion). In: *Statistical Science* 1 (1986), Nr. 3, S. 297–318
- [Hatting 1975] HATTING, T.: The influence of castration on sheep horns. In: CLASON, A. T. (Hrsg.): *Archaeozoological studies*. Amsterdam, Oxford, 1975, S. 345–351

- [Healy u. Ludwig 1965] HEALY, W. B. ; LUDWIG, T. G.: Wear of sheep's teeth: I. The role of ingested soil. In: *New Zealand Journal of Agricultural Research* 8 (1965), Nr. 4, S. 737–752
- [Hees u. Sinowatz 2000] HEES, H. ; SINOWATZ, F.: *Histologie: Kurzlehrbuch der Zytologie und mikroskopischen Anatomie*. 3. Auflage. Köln : Dt. Ärzte-Verl., 2000
- [Hepa u. a. 2018] HEPA, M. ; MÜLLER, W. ; MUTZE, U. R.: Neuentdeckung in Assuan: Ein ungewöhnlicher Tierfriedhof. In: *Antike Welt* (2018), Nr. 2, S. 25–29
- [Herodot 1958] HERODOT: *Goldmanns gelbe Taschenbücher*. Bd. 452: *Historien: Reisen in Kleinasien und Ägypten*. München : Wilhelm Goldmann Verlag, 1958
- [Hillson 1986] HILLSON, S.: *Teeth*. Cambridge : Cambridge Univ. Press, 1986 (Cambridge manuals in archaeology)
- [Jackson 2007] JACKSON, P. G. G.: *Geburtshilfe in der Tiermedizin*. München : Urban & Fischer in Elsevier, 2007
- [Johnson 2015] JOHNSON, E.: *A skeletal comparison of Domestic Dog, Red Fox, Badger and Domestic Cat*. Exeter, 2015
- [Jones 2006] JONES, G. G.: Tooth Eruption and Wear Observed in Live Sheep from Butser Hill, the Cotswold Farm Park and Five Farms in the Pentland Hills, UK. In: RUSCILLO, D. (Hrsg.): *Recent Advances in Ageing and Sexing Animal Bones*. Oxford : Oxbow Books, 2006, S. 155–178
- [Kessler 1987a] KESSLER, D. ; BOESSNECK, J. (Hrsg.): *Hildesheimer Ägyptologische Beiträge*. Bd. 24: *Die Galerie C von Tuna. Forschungsstand bis 1983*. 1987. – 1–36 S.
- [Kessler 1987b] KESSLER, D.: Zur Einordnung des Münchner Ochsen in den ägyptischen Tierkult. In: EGGBRECHT, A. (Hrsg.): *Die Münchner Ochsenmumie*. Hildesheim : Gerstenberg Verlag, 1987, S. 7–22
- [Kessler 1989] KESSLER, D.: Die heiligen Tiere und der König. Teil 1: Beiträge zu Organisation, Kult und Theologie der spätzeitlichen Tierfriedhöfe. In: *Ägypten und Altes Testament* 16 (1989)
- [Kessler 1991] KESSLER, D.: Herodot II, 65-67 Über heilige Tiere in Bubastis. In: *Studien zur Altägyptischen Kultur* 18 (1991), S. 265–289
- [Kessler u. Nur el Din 2005] KESSLER, D. ; DIN, A. Nur e.: Tuna el-Gebel: Millions of Ibises and Other Animals. In: IKRAM, S. (Hrsg.): *Divine Creatures. Animal Mummies in Ancient Egypt*. Kairo, 2005, S. 120–163
- [Kitagawa 2016] KITAGAWA, C.: *The Asyut Project*. Bd. 9: *The Tomb of the Dogs at Asyut: Faunal Remains and Other Selected Objects. With contributions by Jochem Kahl and Günter Vittmann*. Wiesbaden : Harrassowitz Verlag, 2016

- [Klein u. a. 1983] KLEIN, R. G. ; ALLWARDEN, K. ; WOLF, C.: The calculation and interpretation of ungulate age profiles from dental crown heights. In: BAILEY, G. (Hrsg.): *Hunter-Gatherer Economy in Prehistory: A European Perspective*. Cambridge : Cambridge Univ. Press, 1983, S. 47–57
- [Klein u. Cruz-Urbe 1983] KLEIN, R. G. ; CRUZ-URIBE, K.: The computation of ungulate age (mortality) profiles from dental crown heights. In: *Paleobiology* 9 (1983), Nr. 1, S. 70–78
- [Klein u. a. 1981] KLEIN, R. G. ; WOLF, C. ; FREEMAN, L. G. ; ALLWARDEN K.: The Use of Dental Crown Heights for Constructing Age Profiles of Red Deer and Similar Species in Archaeological Samples. In: *Journal of Archaeological Science* (1981), Nr. 8, S. 1–31
- [Kornmayer 2014] KORNMAYER, M. R.: *Prognose von Metakarpal- und Metatarsalfrakturen im Therapievergleich - Eine retrospektive Analyse von Spätkontrollen bei 112 Katzen und 100 Hunden*, Ludwig-Maximilians-Universität München, Diss., 2014
- [Koudelka 1885] KOUDEKA, F.: Das Verhältnis der Ossa longa zur Skeletthöhe bei den Säugetieren. In: *Verhandlungen des naturforschenden Vereins in Brünn* 24 (1885), S. 127–153
- [Kroon 1916] KROON, H. M.: *Die Lehre der Altersbestimmung bei den Haustieren*. Hannover : Verlag von M. & H. Schaper, 1916
- [Kutschmann 1992] KUTSCHMANN, K.: Respirationsapparat. In: SCHMIDT, V. (Hrsg.) ; HORZINEK, M. C. (Hrsg.): *Krankheiten der Katze*. Stuttgart : Enke, 1992
- [Lieberman 1993] LIEBERMAN, D. E.: Life History Variables Preserved in Dental Cementum Microstructure. In: *Science* 261 (1993), S. 1162–1164
- [Lortet u. Gaillard 1905] LORTET, L. ; GAILLARD, C.: *La faune momifiée de l'ancienne Égypte*. Lyon, 1905
- [Lutz 1992] LUTZ, H.: Virusinfektionen. In: SCHMIDT, V. (Hrsg.) ; HORZINEK, M. C. (Hrsg.): *Krankheiten der Katze*. Stuttgart : Enke, 1992
- [Meadow 1981] MEADOW, R. H.: Early Animal Domestication in South Asia: a First Report of the Faunal Remains from Mehrgarh, Pakistan. In: HÄRTEL, H. (Hrsg.): *South Asian Archaeology 1979*. Berlin : Dietrich Reimer Verlag, 1981, S. 143–179
- [Meadow 1999] MEADOW, R. H.: The use of size index scaling techniques for research on archaeozoological collections from the Middle East. In: BECKER, C. (Hrsg.) ; MANHART, H. (Hrsg.) ; PETERS, J. (Hrsg.) ; SCHIBLER, J. (Hrsg.): *Historia animalium ex ossibus: Festschrift für Angela von den Driesch zum 65. Geburtstag*. Rahden/Westfalen : Marie Leidorf GmbH, 1999, S. 285–300

- [Mutze u.a. 2021a] MUTZE, U. R. ; MÜLLER, W. ; HEPA, M. ; PETERS, J.: Old Dentitions and Young Post-crania: Sheep Burials in the Ptolemaic-Early Roman Animal Necropolis at Syene/Upper Egypt. In: DAUJAT, J. (Hrsg.) ; HADJIKOUMIS, A. (Hrsg.) ; BERTHON, R. (Hrsg.) ; CHAHOUD, J. (Hrsg.) ; KASSIANIDOU, V. (Hrsg.) ; VIGNE, J.-D. (Hrsg.): *Archaeozoology of Southwest Asia and Adjacent Areas XIII*. Atlanta, 2021
- [Mutze u.a. 2021b] MUTZE, U. R. ; MUTZE, U. ; JONES, G. G. ; PETERS, J.: Wear of Teeth in Sheep (WoTiS) - a tool for determining the rate of mandibular tooth wear in sheep. In: *Journal of Archaeological Science* (2021)
- [von Nathusius 1880] NATHUSIUS, H. von: Teil 2. Vorträge über Schafzucht. In: *Vorträge über Viehzucht und Rassenkenntnis*. Berlin, 1880
- [Nicholson 2005] NICHOLSON, P. T.: The Sacred Animal Necropolis at North Saqqara. The Cults and their Catacombs. In: IKRAM, S. (Hrsg.): *Divine Creatures. Animal Mummies in Ancient Egypt*. 2005, S. 44–71
- [Nickel u.a. 2004] NICKEL, R. ; SCHUMMER, A. ; SEIFERLE, E.: *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere: Band I: Bewegungsapparat*. 8. Auflage. Stuttgart : Parey, 2004
- [Osypińska 2016] OSYPIŃSKA, M.: Pet cats at the Early Roman Red Sea port of Berenike, Egypt. In: *Antiquity* (2016)
- [Osypińska u. a. 2021] OSYPIŃSKA, M. ; SKIBNIEWSKI, M. ; OSYPINSKI, P.: Ancient Pets. The health, diet and diversity of cats, dogs and monkeys from the Red Sea port of Berenice (Egypt) in the 1st-2nd centuries AD. In: *World Archaeology* (2021)
- [Payne 1973] PAYNE, S.: Kill-off Patterns in Sheep and Goats: The Mandibles from Asvan Kale. In: *Anatolian Studies* 23 (1973), S. 281–303
- [Payne 1985] PAYNE, S.: Morphological Distinctions between the Mandibular Teeth of Young Sheep, Ovis, and Goats, Capra. In: *Journal of Archaeological Science* 12 (1985), S. 139–147
- [Payne 1987] PAYNE, S.: Reference Codes for Wear States in the Mandibular Cheek Teeth of Sheep and Goats. In: *Journal of Archaeological Science* 14 (1987), S. 609–614
- [Peters 1998] PETERS, J.: *Römische Tierhaltung und Tierzucht*. Rahden, 1998
- [Pfund 1961] PFUND, D.: *Neue Funde von Schaf und Ziege aus dem keltischen Oppidum von Manching*, Ludwig-Maximilians-Universität München, Diss., 1961
- [von Pilgrim u. a. 2015] PILGRIM, C. von ; MARÉE, M. ; MÜLLER, W.: *Report on the 15th Season of the Joint Swiss-Egyptian Mission in Syene / Old Aswan (2014/2015)*. <http://swissinst.ch/downloads/>. Version: 2015

- [von Pilgrim u. Müller 2013] PILGRIM, C. von ; MÜLLER, W.: *Report on the 13th Season of the Joint Swiss-Egyptian Mission in Syene / Old Aswan (2012/2013)*. <http://swissinst.ch/downloads/>. Version: 2013
- [von Pilgrim u. Müller 2014] PILGRIM, C. von ; MÜLLER, W.: *Report on the 14th Season of the Joint Swiss-Egyptian Mission in Syene / Old Aswan (2013/2014)*. <http://swissinst.ch/downloads/>. Version: 2014
- [von Pilgrim u. a. 2012] PILGRIM, C. von ; MÜLLER, W. ; SCHWAIGER, H.: *Report on the Twelfth Season of the Joint Swiss-Egyptian Mission in Syene/ Old Aswan (2011/2012)*. <http://swissinst.ch/downloads/>. Version: 2012
- [Pöllath u. a. 2021] PÖLLATH, N. ; GARCÍA-GONZÁLEZ, R. ; KEVORK, S. ; MUTZE, U. R. ; ZIMMERMANN, M. I. ; ÖZBASARAN, M. ; PETERS, J.: A non-linear prediction model for ageing foetal and neonatal sheep reveals basic issues in early neolithic husbandry. In: *Journal of Archaeological Science* 130 (2021), S. 1–12
- [Pölloth 1959] PÖLLOTH, K.: *Die Schafe und Ziegen des Latène-Oppidums Manching*, Ludwig-Maximilians-Universität München, Diss., 1959
- [Popkin u. a. 2012] POPKIN, P. R. W. ; BAKER, P. ; WORLEY, F. ; PAYNE, S. ; HAMMON, A.: The Sheep Project (1): Determining skeletal growth, timing of epiphyseal fusion and morphometric variation in unimproved Shetland sheep of known age, sex, castration status and nutrition. In: *Journal of Archaeological Science* 39 (2012), S. 1775–1792
- [Rademacher 2013] RADEMACHER, G.: *Kälberkrankheiten*. 5. Auflage. Stuttgart : Ulmer, 2013
- [Ratcliffe u. McCullagh 1998] RATCLIFFE, J. H. ; MCCULLAGH, M. J.: Aoristic crime analysis. In: *International Journal of Geographical Information Science* 12 (1998), Nr. 7, S. 751–764
- [Rieder 2017] RIEDER, H.: *Schafe halten*. 6. Auflage. Stuttgart : Ulmer, 2017
- [Röhler 1967] RÖHLER, R. ; GÜNTHER, N. (Hrsg.): *Optik und Feinmechanik in Einzeldarstellungen*. Bd. 6: *Informationstheorie in der Optik*. Stuttgart : Die Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft MBH., 1967
- [Schmid 1972] SCHMID, E.: *Knochenatlas für Prähistoriker, Archäologen und Quartärgeologen*. Amsterdam : Elsevier, 1972
- [Schmidt 1993] SCHMIDT, V.: Augen. In: SCHMIDT, V. (Hrsg.) ; HORZINEK, M. C. (Hrsg.): *Krankheiten der Katze*. Stuttgart : Enke, 1993
- [Schneider u. a. 2012] SCHNEIDER, L. A. ; DELFABBRO, P. H. ; BURNS, N. R.: The influence of cerebral lateralisation on the behaviour of the racing greyhound. In: *Applied Animal Behaviour Science* (2012)
- [Scott 2015] SCOTT, P. R.: *Sheep Medicine*. 2. Auflage. Boca Raton : CRC Press, 2015



- [Sidebotham u. a. 2019] SIDEBOTHAM, S. E. ; ZYCH, I. ; HENSE, M. ; AST, R. ; KAPER, O. E. ; BERGMANN, M. ; OSYPIŃSKA, M. ; CARANNANTE, A.: Results of the Winter 2018 Excavation Season at Berenike, Egypt. The Belzoni Bicentennial Report. In: *Thetis - Mannheimer Beiträge zur Archäologie und Geschichte der antiken Mittelmeerkulturen* 24 (2019), S. 7–19
- [Sigl 2017] SIGL, J.: *Beiträge zur ägyptischen Bauforschung und Altertumskunde*. Bd. 19: *Syene II: Die Tierfunde aus den Grabungen von 2000-2009*. PeWe-Verlag, 2017
- [Simonds 1855] SIMONDS, J. B.: On the teeth of the ox, sheep, and pig, as indicative of the age of the animal. In: *Journal of the Royal Agricultural Society of England* 15 (1855), S. 276–362
- [Spöttel 1928] SPÖTTEL, W.: Über die Schwanzausbildung beim Karakul. In: *Kühn-Archiv* 18 (1928), S. 116–120
- [Suter 2001] SUTER, P. F.: Infektionskrankheiten. In: SUTER, P. F. (Hrsg.) ; NIEMAND, H. G. (Hrsg.): *Praktikum der Hundeklinik*. 9. Auflage. Stuttgart : Enke, 2001
- [Suter u. a. 1994] SUTER, P. F. ; SCHMIDTKE, H.-O. ; UEHLINGER, C.: Verdauungsapparat. In: SUTER, P. F. (Hrsg.) ; NIEMAND, H. G. (Hrsg.): *Praktikum der Hundeklinik*. 7. Auflage. Berlin und Hamburg : Parey, 1994, S. 475–538
- [Teegen 2014] TEEGEN, W.-R.: Tierquälerei – oder ...? Gewalt gegen Haustiere im archäologischen Befund – Ein methodischer Beitrag. In: *Gewalt und Gesellschaft*. Bonn : Verlag Dr. Rudolf Habelt GmbH, 2014, S. 55–64
- [Teichert 1975] TEICHERT, M.: Osteometrische Untersuchungen zur Berechnung der Widerristhöhe bei Schafen. In: CLASON, A. T. (Hrsg.): *Archaeozoological studies*. Amsterdam, Oxford, 1975, S. 51–69
- [Wagner 1930] WAGNER, K.: *Rezente Hunderassen*. Oslo : I Kommissjon Hos Jacob Dybwad, 1930
- [Weisbrode 2009] WEISBRODE, S. E.: Knochen und Gelenke. In: MACGAVIN, M. D. (Hrsg.) ; ZACHARY, J. F. (Hrsg.): *Pathologie der Haustiere*. München : Urban & Fischer in Elsevier, 2009, S. 937–989
- [Wolverton u. a. 2014] WOLVERTON, S. ; DOMBROSKY, J. ; LYMAN, R. L.: Practical Significance: Ordinal Scale Data and Effect Size in Zooarchaeology. In: *International Journal of Osteoarchaeology* (2014)
- [Worley u. a. 2016] WORLEY, F. ; BAKER, P. ; POPKIN, P. R. W. ; HAMMON, A. ; PAYNE, S.: The Sheep Project (2): The effects of plane of nutrition, castration and the timing of first breeding in ewes on dental eruption and wear in unimproved Shetland sheep. In: *Journal of Archaeological Science Reports* 6 (2016), S. 862–874

## Literaturverzeichnis

- [Zimmermann 2019] ZIMMERMANN, M. I.: *Intra- und periartikuläre Pathologien als Marker für die zeitliche Erfassung der Anfangsphase der Domestikation von Schaf und Ziege*, Ludwig-Maximilians-Universität München, Diss., 2019
- [Zimmermann u. a. 2018] ZIMMERMANN, M. I. ; PÖLLATH, N. ; ÖZBASARAN, M. ; PETERS, J.: Joint health in free-ranging and confined small bovids - Implications for early stage caprine management. In: *Journal of Archaeological Science* 92 (2018), S. 13–27

# Anhang

## A. Liste aller Tierbestattungen

# A. Liste aller Tierbestattungen

Fundnummer	Tiernummer	Tierart	Altersklasse	Geschlecht	Vollständigkeit (%)	Erhaltungszustand	Verwitterung/Verbleib	Bemerkungen
13-2-65-2/1	1	Schaf	volladult	unbestimmt	80	gut		
13-2-65-2/2	2	Schaf	jugadult	weiblich	60	gut		
13-2-65-2/3	3	Schaf	infantil	unbestimmt	10	gut		
13-2-65-2/4	4	Schaf	juvenil	unbestimmt				verschollen
13-2-65-2/5	5	Schaf	volladult	männlich	60	gut		
13-2-65-2/6	6	Schaf	jugadult	weiblich	40	gut		
13-2-65-2/7	7	Schaf	jugadult	männlich	60	gut		
13-2-65-2/9	8	Schaf	jugadult	unbestimmt	40	gut		
13-2-65-2/12	9	Schaf	jugadult	weiblich	50	gut		
13-2-65-2/14	10	Hund	volladult	unbestimmt	25	gut		
13-2-65-2/17	11							verschollen
13-2-65-2/19	12	Schaf	volladult	weiblich	20	gut		
13-2-65-2/23	13M	Schaf	jugadult	weiblich	75	gut		
13-2-65-2/23	13F	Schaf	perinat	unbestimmt	10	gut		
13-2-67-2/1	14	Schaf	perinat	unbestimmt	10	gut		
13-2-68-4/1	15	Schaf	volladult	weiblich	50	gut		
13-2-68-4/2	16	Schaf	infantil	unbestimmt	5	gut		
13-2-68-4/3	17	Schaf	jugadult	männlich	98	gut		
13-2-68-4/4	18	Schaf	volladult	unbestimmt	10	gut		
13-2-81-4/1	19	Rind	juvenil	unbestimmt	20	gut		
13-2-50-1/1	20M	Schaf	jugadult	weiblich	40	gut		
13-2-50-1/1	20F	Schaf	perinat	unbestimmt	5	gut		
13-2-20-1/1	21a	Schaf	jugadult	weiblich	40	gut		
13-2-20-1/1	21b	Schaf	volladult	männlich	10	gut		
13-2-100-10/1; 13-2-44-1/1	22M	Schaf	volladult	weiblich	40	gut		
13-2-44-1/1	22F	Schaf	perinat	unbestimmt	3	mittel	Verwitterung	
13-2-44-1/2	23	Schaf	juvenil	männlich	70	schlecht		
13-2-44-1/3; 13-2-114-2/2	24	Schaf	jugadult	männlich/kastriert?	85	gut		identisch mit Tier 313
13-2-44-1/4	25	Schaf	jugadult	weiblich	20	mittel		
13-2-45-3/3	26	Schaf	jugadult	weiblich	90	gut		
13-2-45-3/4	27	Schaf	jugadult	weiblich	80			
13-2-46-3/2	28	Schaf	volladult	männlich	15	mittel	Verwitterung	
13-2-47-1/1	29	Hund	volladult	unbestimmt	70	gut		verschollen
13-2-48-8/1	30a	Schaf	volladult	männlich	10	schlecht		
13-2-48-8/1	30b	Schaf	volladult	unbestimmt	30	mittel		
13-2-71-1/1	31	Schaf	volladult	unbestimmt	15	gut		
13-2-71-1/2	32	Schaf	volladult	unbestimmt	20	mittel		
13-2-68-4/12	33	Schaf	jugadult	männlich	20	gut		
13-2-68-4/13	34	Schaf	volladult	männlich	15	gut		
13-2-68-4/15	35							verschollen
13-2-68-4/16	36	Schaf	jugadult	männlich	5	gut		
13-2-72-8/1	37	Schaf	volladult	weiblich	5	gut		
13-2-72-8/3	38	Schaf	jugadult	weiblich	40	mittel		
13-2-48-11/1	39	Schaf	volladult	männlich/kastriert?	75	gut		
13-2-48-12/1	40	Schaf	jugadult	unbestimmt	40	gut		
13-2-48-13/1	41M	Schaf	jugadult	weiblich	25	mittel		

# A. Liste aller Tierbestattungen

13-2-48-13/1	41F	Schaf	fetal	unbestimmt	5	gut	
13-2-48-14/1	42	Schaf	volladult	männlich/kastriert?	95	gut	
13-2-71-1/3	43	Schaf	volladult	weiblich	5	gut	
13-2-71-1/4	44	Rind	infantil	unbestimmt	50	gut	
13-2-71-1/10	45	Rind	infantil	unbestimmt	80	gut	
13-2-49-9/1	46	Schaf	jungadult	weiblich	35	gut	
13-2-70-1/21	47	Schaf	jungadult	männlich	70		
13-2-70-1/22	48	Schaf	volladult	männlich	85	gut	
13-2-50-2/1	49M	Schaf	volladult	weiblich	90	gut	
13-2-50-2/1	49F	Schaf	fetal	unbestimmt	5	mittel	
13-2-74-1/1	50	Schaf	jungadult	weiblich	20	gut	
13-2-75-1/8	51	Rind	infantil	unbestimmt	90	gut	
13-2-73-1/1	52	Schaf	volladult	männlich	60	gut	
13-2-75-1/9	53	Schaf	juvenil	unbestimmt	85	mittel	
13-2-75-1/11	54	Schaf	jungadult	weiblich	80		
13-2-75-1/12	55	Schaf	volladult	weiblich	65	gut	
13-2-87-1/1	56	Katze	juvenil	unbestimmt	40	gut	
13-2-87-2/1	57a	Hund	perinat	unbestimmt	20	gut	
13-2-87-2/1	57b	Hund	perinat	unbestimmt	20	gut	
13-2-80-3/1	58	Schaf	jungadult	männlich	60	schlecht	Verwitterung
13-2-80-3/2	59	Schaf	volladult	männlich	70	gut	
13-2-80-3/3	60	Schaf	juvenil	männlich	90	gut	
13-2-80-3/4	61	Schaf	volladult	unbestimmt	20	gut	
13-2-80-3/5	62	Schaf	jungadult	unbestimmt	15	gut	
13-2-80-3/6	63	Schaf	volladult	männlich	5	gut	
13-2-75-1/18	64	Hund	volladult	unbestimmt	85	gut	
13-2-80-6/1	65	Schaf	infantil	unbestimmt	50	gut	
13-2-80-6/3	66	Schaf	volladult	männlich	10	gut	
13-2-80-6/4	67	Schaf	jungadult	unbestimmt	5	mittel	Verwitterung
13-2-75-2/8	68	Schaf	infantil	unbestimmt	50	gut	
13-2-75-2/9	69	Schaf	perinat	unbestimmt	30	gut	
13-2-103-2/1	70	Schaf	volladult	unbestimmt	10	gut	Verwitterung + Verbiss
13-2-75-2/15	71	Ziege	infantil	unbestimmt	60	gut	
13-2-87-5/1	72	Hund	volladult	unbestimmt	55	gut	
13-2-98-5/1	73	Schaf	volladult	weiblich	3	gut	Verbiss
13-2-98-1/2	74	Schaf	jungadult	männlich	90	gut	
13-2-104-3/1	75	Hund	volladult	männlich	65	gut	
13-2-104-3/2	76					verschollen	
13-2-104-3/3	77	Hund	perinat	unbestimmt	80	gut	
13-2-106-1/6	78	Rind	infantil	unbestimmt	90	gut	
13-2-106-1/7	79	Schaf	infantil	unbestimmt	7	mittel	
13-2-100-11/1	80	Schaf	juvenil	weiblich	75	gut	
13-2-109-3/1	81	Rind	infantil	unbestimmt	20	gut	
13-2-109-3/2	82	Schaf	volladult	weiblich	15	gut	
13-2-114-3/2	83	Schaf	volladult	männlich	30	gut	
13-2-113-12/1	84	Schaf	jungadult	weiblich	70	gut	
13-2-113-14/1	85	Schaf	perinat	unbestimmt	90	mittel	

# A. Liste aller Tierbestattungen

13-2-49-4/1	86	Schaf	juvenil	männlich	10	schlecht	Verwitterung	verschollen
13-2-116-1/1	87	Schaf	perinat	unbestimmt	20	gut		verschollen
13-2-116-2/1	88	Schaf	jugadult	männlich	50	gut		
13-2-181-6/3	89	Schaf	infantil	männlich	75	gut		
13-2-116-4/1	90	Schaf	juvenil	unbestimmt	50	gut		
13-2-123-6/1	91	Hund	juvenil	unbestimmt	90	gut		
13-2-116-9/1	92	Hund	juvenil	weiblich	20	gut		
13-2-125-1/4	93	Schaf	jugadult	unbestimmt	30	gut		
13-2-125-1/5	94	Hund	volladult	unbestimmt	60	gut		
13-2-125-1/6	95	Hund	perinat	unbestimmt	25	gut		
13-2-125-1/7	96	Hund	volladult	unbestimmt	10	mittel	Verbiss	
13-2-126-2/1	97	Schaf	infantil	unbestimmt	20	gut		
13-2-149-2/1	98	Hund	jugadult	unbestimmt	15	gut		
13-2-148-8/1	99	Hund	volladult	unbestimmt	7	gut		
13-2-148-9/1	100	Hund	volladult	unbestimmt	10	gut	Verwitterung	
13-2-148-10/1	101	Schaf	volladult	weiblich	50	gut		
13-2-148-14/1	102	Schaf	jugadult	unbestimmt	20	gut		
13-2-141-15/1	103	Hund	volladult	unbestimmt	75	gut		
13-2-154-11/1	104	Schaf	infantil	unbestimmt	10	gut		
13-2-154-12/26	105a	Schaf	volladult	weiblich	60	gut		
13-2-154-12/26	105b	Schaf	jugadult	unbestimmt	70	gut		
13-2-154-12/27	106	Schaf	jugadult	weiblich	40	gut		
13-2-154-13/1	107M	Schaf	jugadult	unbestimmt	15	gut	Verwitterung + Verbiss	identisch mit Tier 126
13-2-154-13/1	107F	Schaf	fetal	männlich	60	schlecht		
13-2-155-3/1	108	Hund	volladult	unbestimmt	40	gut		
13-2-164-3/3	109	Schaf	jugadult	unbestimmt	95	gut		
13-2-169-3/1	110	Schaf	infantil	unbestimmt	20	gut		
13-2-169-2/3	111	Hund	volladult	unbestimmt	15	gut		
13-2-169-2/4	112	Katze	infantil	unbestimmt	45	gut		
13-2-169-2/5	113	Katze	infantil	unbestimmt	15	gut		
13-2-169-2/6	114	Katze	juvenil	unbestimmt	4	gut		
13-2-169-2/6	115	Katze	juvenil	unbestimmt	10	gut		
13-2-169-6/1	116	Hund	infantil	unbestimmt	60	gut		
13-2-169-5/1	117	Hund	infantil	unbestimmt	5	gut		
13-2-170-2/1	118	Hund	infantil	unbestimmt	85	mittel	Verwitterung + Verbiss	
13-2-170-2/1	119	Katze	perinat	unbestimmt	80	mittel	Verwitterung + Verbiss	
13-2-171-2/1	120	Schaf	infantil	weiblich	60	gut		
13-2-171-4/1	121	Schaf	jugadult	unbestimmt	3	gut		
13-2-170-3/1	122	Katze	volladult	unbestimmt	2	gut		
13-2-170-6/1	123	Schaf	jugadult	unbestimmt	4	gut		
13-2-175-6/1	124	Schaf	jugadult	männlich				identisch mit Tier 109, siehe dort
13-2-177-3/1	125	Schaf	jugadult	unbestimmt				verschollen
13-2-177-1/1	126							
13-2-179-2/3	127							
13-2-184-3/1	128a	Hund	perinat	unbestimmt	80	gut		
13-2-184-3/1	128b	Hund	perinat	unbestimmt	30	gut		
13-2-191-3/1	129	Schaf	jugadult	weiblich	70	gut		

# A. Liste aller Tierbestattungen

130	Katze	juvenil	unbestimmt	60	gut	
131	Schaf	jungadult	unbestimmt	4	gut	
132	Schaf	jungadult	weiblich	40	gut	
133	Hund	volladult	unbestimmt	90	gut	
134	Katze	infantil	unbestimmt	60	gut	
135	Hund	juvenil	unbestimmt	70	mittel	Verbiss
136	Schaf	perinat	unbestimmt	85	gut	
137						verschollen
138	Schaf	jungadult	männlich	85	gut	identisch mit Tier 156
139	Schaf	volladult	männlich/kastriert?	70	gut	
140	Schaf	volladult	männlich	95		
141	Schaf	jungadult	männlich	90	gut	
142	Schaf	volladult	unbestimmt	3	gut	
143	Rind	infantil	unbestimmt	20	gut	
144	Rind	infantil	unbestimmt	20	gut	
145	Hund	volladult	unbestimmt	10	gut	
146a	Hund	volladult	unbestimmt	40	gut	
146b	Rind	infantil	unbestimmt	10	gut	
147a	Schaf	infantil	unbestimmt	70	gut	
147F	Schaf	fetal	unbestimmt	15	gut	Fetus von 148M
148M	Schaf	jungadult	weiblich	45	gut	Muttertier zu 147F
149	Schaf	volladult	männlich	95	gut	
150	Schaf	infantil	unbestimmt	85		verschollen
151						
152	Schaf	volladult	weiblich	40	gut	
153	Schaf	jungadult	weiblich	20	gut	
154	Schaf	jungadult	männlich/kastriert?	50	gut	
155	Schaf	volladult	unbestimmt	2	gut	
156						identisch mit Tier 138, siehe dort
157	Schaf	infantil	unbestimmt	7	gut	
158M	Schaf	jungadult	weiblich	8	gut	
158F	Schaf	fetal	unbestimmt	15	gut	
159	Schaf	jungadult	weiblich	60	schlecht	
160	Schaf	jungadult	weiblich	10	gut	
161	Schaf	jungadult	männlich	10	gut	
162	Schaf	infantil	unbestimmt	8	gut	
163	Schaf	volladult	männlich	20	gut	
164	Schaf	infantil	unbestimmt	40	gut	
165	Schaf	volladult	weiblich	30	gut	
166	Schaf	jungadult	weiblich	3	mittel	
167	Schaf	jungadult	unbestimmt	10	mittel	
168	Schaf	volladult	männlich	20	gut	
169	Hund	volladult	unbestimmt	5	gut	
170	Schaf	jungadult	männlich	15	schlecht	Verwitterung + Verbiss
171	Hund	volladult	unbestimmt	4	mittel	Verwitterung
172	Hund	volladult	unbestimmt	40	gut	
173	Schaf	jungadult	männlich	85	gut	



# A. Liste aller Tierbestattungen

14-2-25-4/1	174	Schaf	jungadult	weiblich	10	gut	
14-2-27-2/2	175	Hund	volladult	unbestimmt	70	gut	
14-2-27-3/3	176M	Schaf	jungadult	weiblich	80	gut	
14-2-27-3/3	176F	Schaf	perinat	unbestimmt	80	gut	
14-2-27-5/1	177	Schaf	volladult	weiblich	50	gut	
14-2-25-7/4	178	Schaf	volladult	männlich	3	gut	
14-2-43-3/1	179	Rind	infantil	unbestimmt	2	schlecht	Verwitterung
14-2-24-3/1	180	Schaf	jungadult	männlich	15	gut	
14-2-24-4/1	181a	Schaf	jungadult	männlich	60	gut	
14-2-24-4/1	181b	Schaf	jungadult	unbestimmt	5	gut	
14-2-26-2/1	182	Schaf	infantil	unbestimmt	10	gut	
14-2-29-1/1	183	Schaf	perinat	unbestimmt	50	gut	
14-2-35-1/1	184	Schaf	volladult	männlich	8	gut	
14-2-34-2/1	185	Hund	volladult	männlich	20	gut	
14-2-34-3/1	186	Schaf	volladult	weiblich	10	gut	
14-2-34-4/1	187	Hund	volladult	unbestimmt	85	gut	
14-2-34-5/1	188	Hund	volladult	unbestimmt	10	schlecht	Verwitterung + Verbiss
14-2-34-6/1	189	Hund	infantil	unbestimmt	3	schlecht	Verwitterung + Verbiss
14-2-34-7/1	190	Schaf	jungadult	weiblich	15	schlecht	Verwitterung + Verbiss
14-2-43-2/1	191	Rind	infantil	unbestimmt	10	gut	
14-2-45-2/1	192	Schaf	jungadult	weiblich	60	schlecht	
14-2-45-4/1	193	Schaf	volladult	männlich	5	schlecht	Verwitterung + Verbiss
14-2-45-4/2	194	Schaf	jungadult	männlich	8	schlecht	Verwitterung + Verbiss
14-2-45-5/1	195	Rind	volladult	unbestimmt	3	gut	keine Bestattung
14-2-73-2/1	196	Schaf	volladult	männlich	10	gut	
14-2-70-3/1	197	Schaf	jungadult	unbestimmt	90	mittel	
14-2-76-2/1; 14-2-76-2/4	198	Schaf	jungadult	männlich	90	gut	
14-2-76-2/2; 14-2-76-2/4	199	Schaf	volladult	männlich	90	mittel	
14-2-61-1/2	200	Hund	volladult	unbestimmt	30	gut	
14-2-61-1/4	201	Schaf	jungadult	unbestimmt	3	gut	
14-2-62-2/1	202	Schaf	infantil	unbestimmt	90	gut	
14-2-61-1/5	203	Schaf	juvenil	weiblich	75	gut	
14-2-61-1/7	204	Schaf	infantil	unbestimmt	25	gut	
14-2-70-11/1	205	Schaf	volladult	weiblich	65	gut	
14-2-61-2/1	206	Schwein	jungadult	unbestimmt	1	gut	zwei Teile eines Schädels, keine Bestattung
14-2-61-3/1	207	Schaf	jungadult	männlich	70	gut	
14-2-61-8/1	208	Schaf	volladult	männlich	80	gut	
14-2-61-7/1	209	Schaf	jungadult	unbestimmt	20	gut	
14-2-61-11/1	210	Schaf	jungadult	weiblich	50	mittel	
14-2-76-1/4	211	Schaf	jungadult	männlich	80	gut	
14-2-78-1/2	212	Schaf	jungadult	männlich/kastriert?	75	mittel	
14-2-78-2/1	213	Schaf	infantil	unbestimmt	5	gut	
14-2-78-5/3	214	Schaf	jungadult	weiblich	60	gut	
14-2-78-5/4	215	Schaf	infantil	unbestimmt	70	gut	
14-2-78-5/5	216	Schaf	jungadult	männlich	70	mittel	
14-2-78-2/2	217	Schaf	infantil	unbestimmt	60	mittel	
14-2-78-4/1	218	Schaf	volladult	männlich	85	gut	

# A. Liste aller Tierbestattungen

14-2-84-1/1	219	Schaf	jungadult	weiblich	8	schlecht	
14-2-84-1/2	220	Schaf	jungadult	weiblich	50	mittel	
14-2-84-1/3	221	Schaf	jungadult	weiblich	30	mittel	
14-2-84-4/1	222	Schaf	volladult	unbestimmt	4	schlecht	Verwitterung + Verbiß
14-2-84-7/1	223	Schaf	infantil	unbestimmt	3	gut	
14-2-88-2/1	224	Schaf	jungadult	männlich	90	gut	
14-2-80-4/2	225	Hund	infantil	unbestimmt	80	gut	
14-2-90-2/1	226	Schaf	volladult	männlich	35	gut	
14-2-90-1/2	227	Schaf	jungadult	unbestimmt	60	gut	
14-2-90-1/3	228	Schaf	jungadult	weiblich	60	gut	
14-2-92-3/1	229	Hund	juvenil	unbestimmt	15	mittel	Verwitterung
14-2-90-7/1	230	Schaf	infantil	unbestimmt	15	gut	
14-2-95-1/1	231	Schaf	jungadult	weiblich	50	gut	
14-2-96-3/1	232	Schaf	volladult	unbestimmt	4	gut	
14-2-97-2/1	233						identisch mit Tier 272, siehe dort
14-2-144-2/1; 14-2-97-3/1	234	Hund	volladult	unbestimmt	85	gut	
14-2-97-4/1	235	Schaf	jungadult	unbestimmt	5	gut	
14-2-97-5/1	236	Schaf	jungadult	unbestimmt	6	mittel	Verwitterung
14-2-97-6/1	237	Hund	juvenil	unbestimmt	10	gut	
14-2-97-7/1	238	Schaf	infantil	unbestimmt	10	gut	
14-2-97-8/1	239	Hund	volladult	unbestimmt	7	gut	
14-2-100-2/1	240	Schaf	volladult	unbestimmt	1	gut	
14-2-102-1/1	241	Schaf	volladult	weiblich	7	mittel	Verbiß
14-2-70-4/1	242	Schaf	infantil	unbestimmt	25	gut	
14-2-70-6/1	243	Schaf	jungadult	unbestimmt	70	gut	
14-2-70-7/1	244	Schaf	infantil	unbestimmt	10	gut	
14-2-70-8/1	245	Schaf	volladult	männlich	90	gut	
14-2-70-9/1	246	Schaf	jungadult	weiblich	50	mittel	
14-2-70-9/2	247a	Schaf	jungadult	weiblich	55	gut	
14-2-70-9/2	247b	Schaf	jungadult	unbestimmt	20	gut	
14-2-70-9/3	248	Schaf	jungadult	weiblich	50	gut	
14-2-70-9/4	249	Schaf	infantil	unbestimmt	15	gut	
14-2-107-1/1	250	Schaf	juvenil	unbestimmt	50	mittel	
14-2-108-1/1	251M	Schaf	jungadult	weiblich	80	gut	
14-2-108-1/1	251F	Schaf	perinat	unbestimmt	15	gut	
14-2-108-3/1; 14-2-108-3/2	252	Schaf	juvenil	unbestimmt	70	gut	
14-2-70-18/1	253						nicht zusammengehörige Knochen, keine Bestattung
14-2-70-19/1	254	Schaf	volladult	weiblich	7	gut	
14-2-70-21/1	255	Schaf	juvenil	weiblich	7	gut	
14-2-70-22/1	256	Schaf	juvenil	unbestimmt	80	gut	
14-2-108-2/1	257a	Schaf	jungadult	weiblich	85	gut	
14-2-108-2/1	257b	Schaf	volladult	weiblich	7	gut	
14-2-70-19/2	258	Schaf	juvenil	männlich	20	schlecht	Verwitterung
14-2-108-5/1	259	Rind	juvenil	unbestimmt	70	mittel	
14-2-108-6/1	260	Schaf	jungadult	weiblich	80	mittel	
14-2-108-7/1	261	Schaf	volladult	männlich	15	schlecht	
14-2-70-23/1	262	Schaf	volladult	weiblich	7	gut	

# A. Liste aller Tierbestattungen

14-2-70-24/1	263	Hund	volladult	unbestimmt	10	gut	
14-2-113-2/1	264	Schaf	volladult	männlich	10	gut	
14-2-113-4/1	265	Schaf	infantil	unbestimmt	10	gut	
14-2-113-5/1	266	Schaf	infantil	unbestimmt	15	mittel	
14-2-113-6	267	Schaf	volladult	unbestimmt	5	gut	
14-2-113-8/2	268	Schaf	volladult	weiblich	95	gut	
14-2-113-10/1	269	Schaf	infantil	unbestimmt	20	gut	
14-2-113-14/1	270	Schaf	jugadult	unbestimmt	15	gut	
14-2-117-3/1	271	Schaf	jugadult	weiblich	90	gut	
14-2-143-6/1	272	Schaf	volladult	weiblich	60	gut	identisch mit Tier 233
14-2-143-3/1	273	Schaf	volladult	weiblich	50	gut	
14-2-143-6/2	274	Hund	volladult	männlich	98	gut	
14-2-143-7/1	275	Schaf	jugadult	männlich	70	gut	
14-2-143-10/1	276	Schaf	volladult	weiblich	40	gut	
14-2-143-10/2	277	Schaf	jugadult	weiblich	50	gut	
12-2-77-47/1	278	Schaf	jugadult	männlich	60	gut	
14-2-144-3/1	279	Schaf	jugadult	weiblich	70	mittel	Verwitterung
14-2-144-7/1	280	Schaf	volladult	unbestimmt	5	gut	
14-2-144-9/2	281	Schaf	volladult	weiblich	75	gut	
14-2-144-1/3	282	Schaf	jugadult	unbestimmt	10	gut	
14-2-146-3/2	283	Schaf	infantil	unbestimmt	85	gut	
14-2-146-3/3	284	Schaf	infantil	unbestimmt	40	mittel	Verwitterung + Verbiss
14-2-146-3/4	285a	Schaf	volladult	weiblich	40	gut	
14-2-146-3/5	285b	Schaf	volladult	unbestimmt	40	gut	
14-2-146-4/3	286	Hund	volladult	unbestimmt	5	gut	
14-2-152-5/1	287	Schaf	jugadult	weiblich	80	gut	
14-2-152-6/1	288	Hund	infantil	unbestimmt	70	gut	
14-2-152-4/1	289	Rind	infantil	unbestimmt	85	gut	
14-2-152-4/2	290					nicht zusammengehörige Knochen, keine Bestattung	
14-2-152-7/3	291	Schaf	volladult	männlich	60	gut	
14-2-152-9/1	292	Schaf	jugadult	unbestimmt	50	gut	
14-2-152-10/1	293	Schaf	infantil	unbestimmt	70	gut	
14-2-152-11/1	294	Schaf	infantil	unbestimmt	10	gut	
14-2-152-8/2	295	Hund	volladult	unbestimmt	30	gut	
14-2-152-8/3	296a	Hund	volladult	unbestimmt	15	gut	
14-2-152-8/3	296b	Schaf	volladult	unbestimmt	30	gut	
14-2-152-8/4	297	Schaf	jugadult	weiblich	45	gut	
14-2-152-8/5	298	Hund	infantil	unbestimmt	7	gut	
14-2-152-8/6	299	Hund	infantil	unbestimmt	15	gut	
15-2-2-3/4	300					Konvolut aus Speiseresten, keine Bestattung	
15-2-21-4/1	301	Hund	volladult	unbestimmt	10	gut	
15-2-22-2/1	302	Katze	juvenil	unbestimmt	50	gut	
15-2-25-3/1	303	Schaf	infantil	unbestimmt	80	gut	
15-2-27-1/1	304	Katze	juvenil	unbestimmt	10	gut	
15-2-36-2/2	305	Schaf	perinat	unbestimmt	85	gut	
15-2-36-4/1; 15-2-36-4/2	306	Schaf	jugadult	weiblich	90	gut	
15-2-36-5/1; 15-2-36-5/2	307	Schaf	jugadult	weiblich	80	mittel	

# A. Liste aller Tierbestattungen

15-2-40-4/1; 15-2-40-4/2	308a	Schaf	infantil	unbestimmt	85	gut	
15-2-40-4/1; 15-2-40-4/2	308b	Schaf	infantil	unbestimmt	10	gut	
15-2-43-4/1	309	Schaf	jugadult	weiblich	80	gut	
15-2-61-3/1	310	Schaf	infantil	unbestimmt	15	gut	
15-2-70-5/1	311	Hund	fetal	unbestimmt	20	gut	
12-2-73-4/1	312	Schaf	jugadult	weiblich	85	gut	identisch mit Tier 322
13-2-114-2/2	313					gut	identisch mit Tier 24, siehe dort
12-2-76-23	314	Schaf	volladult	männlich	20	gut	
12-2-77-5/1	315	Schaf	volladult	männlich/kastriert?	90	gut	
12-2-76-22	316	Schaf	volladult	männlich	20	gut	
12-2-73-9/2	317	Schaf	volladult	weiblich	80	gut	
12-2-71-10	318	Schaf	jugadult	weiblich	60	gut	
12-2-76-32/1	319	Schaf	volladult	männlich	50	gut	
12-2-77-5/14	320M	Schaf	jugadult	weiblich	10	gut	
12-2-77-5/14	320F	Schaf	fetal	unbestimmt	5	gut	
12-2-77-5/73	321	Schaf	jugadult	unbestimmt	10	mittel	
12-2-73-2/10	322						identisch mit Tier 312, siehe dort
12-2-76-59/1	323	Schaf	jugadult	männlich	50	gut	
14-2-80-4/1	324						nicht zusammengehörige Knochen, keine Bestattung
13-2-181-2/1	325	Hund	volladult	unbestimmt	7	gut	
13-2-181-4/3	326	Schaf	jugadult	unbestimmt	20	gut	
13-2-181-4/2	327	Schaf	jugadult	unbestimmt	3	gut	
12-2-56-1/2	328a	Hund	volladult	unbestimmt	60	gut	
12-2-56-1/2	328b	Hund	volladult	unbestimmt	12	gut	
12-2-56-1/1	329	Hund	juvenil	unbestimmt	30	gut	
12-2-77-5/72	330	Schaf	infantil	unbestimmt	8	gut	
12-2-76-33/1	331a	Schaf	jugadult	unbestimmt	20	gut	
12-2-76-33/1	331b	Schaf	volladult	männlich	15	gut	

## **B. Pathologien**

### **B.1. Traumatische Veränderungen**

## B. Pathologien

Schaf			
Tiernummer	Skelettelement	Seite	Heilungsstadium
2	Rippe	li	verheilt
2	Rippe	li	verheilt
2	Rippe	li	verheilt
2	Lendenwirbel		verheilend
2	Lendenwirbel		verheilt
2	Lendenwirbel		verheilt
2	Lendenwirbel		verheilt
2	Lendenwirbel		verheilt
5	Rippe	re	verheilt
5	Rippe	re	verheilt
5	Rippe	re	verheilt
5	Lendenwirbel		unverheilt
6	Rippe	li	unverheilt
6	Rippe	indet.	unverheilt
7	Rippe	indet.	verheilt
8	Rippe	indet.	verheilt
12	Rippe	indet.	verheilt
12	Rippe	indet.	verheilt
12	Rippe	re	verheilend
12	Brustwirbel		verheilend
12	Brustwirbel		verheilend
12	Brustwirbel		verheilend
12	Sacrum		verheilt
13M	Lendenwirbel		verheilt
13M	Lendenwirbel		verheilt
13M	Lendenwirbel		verheilt
15	Rippe	li	verheilt
15	Lendenwirbel		verheilt
15	Brustwirbel		verheilend
17	Rippe	indet.	verheilt
17	Rippe	indet.	verheilt
17	Rippe	indet.	verheilt
20M	Lendenwirbel		verheilt
20M	Lendenwirbel		verheilt
21a	Schwanzwirbel		verheilt
21a	Lendenwirbel		verheilt
21a	Lendenwirbel		verheilt
21a	Lendenwirbel		verheilt
21a	Lendenwirbel		verheilt
21a	Lendenwirbel		verheilt
22M	Rippe	li	verheilend
22M	Rippe	indet.	unverheilt
22M	Rippe	indet.	unverheilt
22M	Rippe	indet.	unverheilt
22M	Rippe	indet.	unverheilt
22M	Coxa	li	verheilend
22M	Brustwirbel		verheilt
22M	Brustwirbel		verheilt
22M	Brustwirbel		verheilt
22M	Lendenwirbel		verheilt
22M	Lendenwirbel		verheilt
22M	Lendenwirbel		verheilend
22M	Lendenwirbel		verheilend
22M	Lendenwirbel		verheilend
23	Rippe	indet.	verheilt

## B. Pathologien

23	Mandibula	li	verheilend
24	Cranium		verheilt
25	Rippe	re	verheilend
25	Rippe	re	verheilend
25	Lendenwirbel		verheilend
25	Lendenwirbel		verheilend
25	Lendenwirbel		verheilend
25	Lendenwirbel		verheilend
25	Lendenwirbel		verheilend
25	Brustwirbel		verheilend
27	Coxa	li	verheilt
27	Sacrum		verheilt
30a	Zahn P3	re	unverheilt
32	Rippe	re	verheilend
32	Rippe	li	unverheilt
32	Rippe	li	verheilt
32	Rippe	li	verheilt
32	Lendenwirbel		verheilt
32	Lendenwirbel		verheilt
33	Rippe	indet.	unverheilt
37	Rippe	indet.	verheilt
37	Brustwirbel		verheilt
38	Lenden- oder Brustwirbel		unverheilt
39	Sacrum		verheilt
39	Lendenwirbel		verheilt
39	Lendenwirbel		verheilt
39	Lendenwirbel		verheilt
39	Lendenwirbel		verheilt
39	Lendenwirbel		verheilt
39	Lendenwirbel		verheilt
39	Brustwirbel		verheilt
39	Brustwirbel		verheilt
39	Brustwirbel		verheilt
40	Rippe	indet.	verheilt
40	Rippe	indet.	verheilt
40	Rippe	indet.	verheilt
40	Rippe	indet.	verheilt
40	Rippe	indet.	verheilt
40	Rippe	indet.	verheilt
40	Lendenwirbel		verheilend
40	Sacrum		verheilend
42	Lendenwirbel		verheilt
42	Lendenwirbel		verheilt
43	Rippe	indet.	verheilt
47	Lendenwirbel		verheilend
52	Rippe	indet.	unverheilt
52	Rippe	indet.	unverheilt
52	Rippe	indet.	unverheilt
52	Rippe	indet.	verheilt
53	Mandibula	li	unverheilt
54	Rippe	indet.	verheilt
54	Lendenwirbel		verheilend
54	Lendenwirbel		verheilend
55	Coxa	re	verheilend
55	Brustwirbel		verheilend
55	Brustwirbel		verheilend
55	Lendenwirbel		verheilend

## B. Pathologien

55	Lendenwirbel		verheilend
55	Lendenwirbel		verheilend
58	Rippe	indet.	verheilend
59	Rippe	indet.	unverheilt
59	Rippenknorpel	indet.	verheilend
59	Brustwirbel		unverheilt
59	Lendenwirbel		unverheilt
59	Lendenwirbel		unverheilt
59	Lendenwirbel		verheilend
60	Brustwirbel		verheilt
60	Brustwirbel		verheilt
61	Lendenwirbel		verheilt
61	Lendenwirbel		verheilend
62	Lendenwirbel		verheilend
74	Rippe	li	verheilt
74	Coxa	li	verheilt
74	Lendenwirbel		verheilt
74	Lendenwirbel		verheilt
74	Lendenwirbel		verheilt
74	Lendenwirbel		verheilt
74	Lendenwirbel		verheilt
74	Lendenwirbel		verheilt
74	Brustwirbel		verheilt
74	Brustwirbel		verheilt
82	Radius	re	verheilt
82	Ulna	re	verheilt
83	Rippe	indet.	verheilt
83	Brustwirbel		verheilt
83	Brustwirbel		verheilt
90	Metatarsus	li	verheilt
93	Rippe	indet.	verheilt
93	Rippe	indet.	verheilt
93	Rippe	indet.	verheilt
102	Scapula	re	verheilend
102	Sacrum		verheilend
104	Rippe	indet.	unverheilt
104	Rippe	indet.	unverheilt
106	Rippe	indet.	verheilend
106	Lendenwirbel		verheilt
106	Lendenwirbel		verheilt
106	Lendenwirbel		verheilt
107M	Rippe	re	verheilt
107M	Rippe	indet.	unverheilt
107M	Coxa	li	verheilt
107M	Lendenwirbel		verheilt
121	Metatarsus	re	verheilt
121	Lendenwirbel		verheilt
121	Lendenwirbel		verheilt
121	Lendenwirbel		verheilt
121	Lendenwirbel		verheilt
121	Lendenwirbel		verheilt
121	Lendenwirbel		verheilt
125	Coxa	li	verheilend
125	Sacrum		verheilend
129	Rippe	indet.	verheilend
129	Scapula	li	indet.
129	Brustwirbel		verheilend



## B. Pathologien

131	Brustwirbel		verheilend
138	Rippe	indet.	unverheilt
138	Rippe	indet.	verheilend
138	Brustwirbel		verheilend
138	Lendenwirbel		verheilend
138	Lendenwirbel		verheilend
139	Rippe	li	verheilt
139	Rippe	re	verheilend
139	Rippe	re	unverheilt
139	Brustwirbel		unverheilt
139	Lendenwirbel		verheilt
139	Lendenwirbel		verheilt
139	Lendenwirbel		verheilt
139	Lendenwirbel		verheilt
139	Lendenwirbel		verheilt
148M	Rippe	indet.	verheilt
148M	Lendenwirbel		verheilt
148M	Lendenwirbel		verheilt
148M	Lendenwirbel		verheilt
149	Rippe	indet.	verheilend
149	Lendenwirbel		verheilt
152	Rippe	indet.	verheilend
152	Lendenwirbel		verheilt
152	Lendenwirbel		verheilt
152	Lendenwirbel		verheilt
152	Lendenwirbel		verheilt
153	Lendenwirbel		verheilt
153	Brustwirbel		verheilt
162	Lendenwirbel		verheilend
162	Lendenwirbel		verheilend
162	Lendenwirbel		verheilend
162	Lendenwirbel		verheilend
165	Lendenwirbel		verheilend
165	Lendenwirbel		verheilend
165	Lendenwirbel		verheilend
165	Lendenwirbel		verheilend
165	Lendenwirbel		verheilend
165	Lendenwirbel		verheilend
165	Lendenwirbel		verheilend
168	Lendenwirbel		verheilt
170	Rippe	indet.	unverheilt
170	Lendenwirbel		verheilt
176M	Coxa	re	verheilt
177	Rippe	indet.	verheilt
177	Rippe	indet.	verheilt
177	Rippe	re	unverheilt
178	Rippe	indet.	verheilt
181a	Lendenwirbel		verheilt
186	Rippe	indet.	verheilend
190	Humerus	re	unverheilt
190	Lendenwirbel		verheilend
190	Lendenwirbel		verheilt
197	Rippe	indet.	verheilend
197	Rippe	indet.	verheilend
197	Lendenwirbel		verheilend
197	Lendenwirbel		verheilend
197	Lendenwirbel		verheilend
197	Lendenwirbel		verheilend

## B. Pathologien

197	Brustwirbel		verheilend
197	Brustwirbel		verheilend
197	Brustwirbel		verheilend
198	Rippe	indet.	verheilt
198	Rippe	indet.	verheilt
198	Brustwirbel		verheilt
199	Rippe	indet.	verheilt
199	Rippe	indet.	verheilt
199	Lendenwirbel		verheilend
203	Rippe	indet.	verheilt
203	Rippe	indet.	verheilt
203	Rippe	indet.	unverheilt
203	Lendenwirbel		verheilend
203	Lendenwirbel		verheilend
203	Lendenwirbel		verheilend
203	Lendenwirbel		verheilend
205	Rippe	indet.	unverheilt
205	Coxa	li	verheilt
205	Lendenwirbel		verheilt
205	Lendenwirbel		verheilt
205	Lendenwirbel		verheilt
205	Lendenwirbel		verheilt
207	Scapula	li	verheilend
207	Halswirbel		unverheilt
207	Brustwirbel		verheilend
207	Brustwirbel		verheilend
207	Lendenwirbel		verheilt
208	Rippe	indet.	verheilend
210	Rippe	indet.	verheilt
210	Rippe	indet.	unverheilt
210	Brustwirbel		unverheilt
210	Brustwirbel		unverheilt
210	Halswirbel		verheilend
210	Lendenwirbel		verheilend
211	Rippe	indet.	unverheilt
211	Rippe	indet.	unverheilt
211	Rippe	indet.	unverheilt
211	Rippe	indet.	verheilend
211	Rippe	indet.	verheilend
211	Rippe	indet.	verheilend
212	Femur	re	unverheilt
212	Sacrum		verheilend
212	Lendenwirbel		verheilend
212	Brustwirbel		verheilend
212	Brustwirbel		verheilend
212	Brustwirbel		verheilend
212	Halswirbel		verheilend
214	Lendenwirbel		verheilend
214	Lendenwirbel		verheilend
214	Lendenwirbel		verheilend
214	Lendenwirbel		verheilend
214	Lendenwirbel		verheilend
214	Brustwirbel		verheilend
214	Sacrum		verheilend
214	Halswirbel		verheilend
214	Halswirbel		verheilend
216	Coxa	li	verheilend

## B. Pathologien

216	Calcaneus	li	verheilend
216	Humerus	li	unverheilt
218	Lendenwirbel		verheilt
220	Rippe	indet.	verheilt
220	Rippe	indet.	verheilt
220	Rippe	indet.	verheilt
220	Brustwirbel		verheilend
220	Brustwirbel		verheilend
220	Brustwirbel		verheilend
220	Lendenwirbel		verheilt
220	Lendenwirbel		verheilt
221	Brustwirbel		verheilend
221	Brustwirbel		unverheilt
221	Lendenwirbel		verheilt
221	Lendenwirbel		verheilt
221	Lendenwirbel		verheilt
227	Lendenwirbel		verheilt
227	Lendenwirbel		verheilt
227	Lendenwirbel		verheilt
227	Lendenwirbel		verheilt
227	Lendenwirbel		verheilt
227	Lendenwirbel		verheilt
228	Rippe	indet.	unverheilt
228	Brustwirbel		verheilend
236	Rippe	indet.	verheilt
236	Rippe	indet.	verheilt
243	Rippe	indet.	unverheilt
243	Metatarsus	re	verheilt
243	Coxa	re	verheilend
243	Lendenwirbel		unverheilt
243	Lendenwirbel		unverheilt
243	Lendenwirbel		unverheilt
246	Lendenwirbel		unverheilt
247a	Brustwirbel		verheilend
248	Rippe	indet.	verheilt
251M	Coxa	indet.	verheilend
251M	Brustwirbel		verheilend
252	Coxa	re	verheilend
252	Lendenwirbel		verheilend
252	Lendenwirbel		verheilend
256a	Calcaneus	re	verheilend
257a	Coxa	li	verheilend
257a	Lendenwirbel		verheilend
257b	Coxa	li	unverheilt
257b	Sacrum		unverheilt
257b	Lendenwirbel		unverheilt
260	Rippe	indet.	unverheilt
260	Rippe	indet.	unverheilt
260	Rippe	indet.	unverheilt
260	Rippe	indet.	unverheilt
260	Rippe	indet.	unverheilt
260	Scapula	li	verheilend
260	Scapula	re	verheilend
260	Lendenwirbel		unverheilt
260	Lendenwirbel		unverheilt
260	Lendenwirbel		unverheilt
260	Lendenwirbel		unverheilt
260	Lendenwirbel		unverheilt
260	Lendenwirbel		unverheilt

## B. Pathologien

260	Lendenwirbel		unverheilt
260	Brustwirbel		unverheilt
260	Brustwirbel		unverheilt
260	Brustwirbel		unverheilt
260	Brustwirbel		verheilend
260	Brustwirbel		verheilend
260	Brustwirbel		verheilend
260	Brustwirbel		verheilend
268	Lendenwirbel		verheilt
268	Lendenwirbel		verheilt
268	Lendenwirbel		verheilt
268	Lendenwirbel		verheilt
268	Lendenwirbel		verheilt
268	Lendenwirbel		verheilt
270	Sacrum		verheilend
271	Lendenwirbel		verheilend
271	Lendenwirbel		verheilend
272	Brustwirbel		verheilt
273	Rippe	re	verheilend
273	Rippe	re	verheilend
273	Rippe	indet.	verheilend
273	Brustwirbel		verheilt
275	Rippe	indet.	verheilt
275	Rippe	indet.	verheilt
275	Rippe	indet.	verheilt
275	Rippe	indet.	verheilend
275	Rippe	indet.	verheilend
275	Lendenwirbel		verheilt
277	Brustwirbel		unverheilt
277	Lendenwirbel		verheilend
277	Lendenwirbel		verheilend
278	Rippe	re	verheilend
278	Rippe	re	verheilend
278	Rippe	re	verheilend
278	Rippe	li	verheilend
278	Rippe	li	verheilend
278	Rippe	li	verheilend
278	Rippe	indet.	verheilend
278	Brustwirbel		verheilend
278	Lendenwirbel		unverheilt
278	Lendenwirbel		verheilt
278	Brustwirbel		verheilt
279	Lendenwirbel		verheilt
279	Lendenwirbel		verheilt
280	Rippe	li	verheilt
281	Tibia	re	unverheilt
281	Talus	re	unverheilt
281	Brustwirbel		verheilt
281	Brustwirbel		verheilt
281	Brustwirbel		verheilt
281	Brustwirbel		verheilt
281	Lendenwirbel		verheilend
281	Lendenwirbel		verheilend
281	Lendenwirbel		verheilend
285a	Rippe	indet.	unverheilt
285a	Rippe	indet.	verheilt
285a	Tibia	li	unverheilt

## B. Pathologien

285a	Metatarsus	re	verheilt
285a	Sacrum		unverheilt
287	Lendenwirbel		verheilt
287	Lendenwirbel		verheilt
287	Lendenwirbel		verheilt
291	Rippe	indet.	indet
292	Rippe	indet.	verheilend
292	Rippe	li	unverheilt
292	Scapula	re	verheilend
292	Brustwirbel		unverheilt
292	Brustwirbel		verheilt
292	Brustwirbel		verheilt
306	Rippe	re	unverheilt
306	Scapula	re	unverheilt
306	Lendenwirbel		unverheilt
306	Lendenwirbel		unverheilt
307	Rippe	indet.	unverheilt
307	Calcaneus	li	verheilend
309	Rippe	indet.	verheilt
309	Rippe	indet.	verheilt
309	Rippe	indet.	verheilt
309	Lendenwirbel		verheilt
309	Lendenwirbel		verheilt
309	Lendenwirbel		verheilt
309	Brustwirbel		verheilt
309	Brustwirbel		verheilt
312	Rippe	li	verheilt
312	Lendenwirbel		verheilt
314	Metatarsus	re	verheilt
314	Metacarpus	re	verheilend
315	Rippe	indet.	verheilend
315	Rippe	indet.	verheilend
315	Rippe	indet.	verheilt
315	Rippe	indet.	verheilt
315	Coxa	re	verheilend
317	Rippe	li	unverheilt
317	Rippe	li	unverheilt
317	Rippe	li	unverheilt
317	Scapula	li	verheilt
317	Brustwirbel		verheilt
318	Coxa	li	verheilend
318	Scapula	li	verheilend
318	Lendenwirbel		verheilend
318	Lendenwirbel		verheilend
318	Lendenwirbel		verheilt
319	Brustwirbel		verheilt
321	Rippe	indet.	verheilend
321	Rippe	indet.	unverheilt
321	Coxa	li	verheilend
321	Brustwirbel		unverheilt
321	Lendenwirbel		unverheilt
323	Lendenwirbel		verheilt
327	Lendenwirbel		unverheilt
331a	Lendenwirbel		verheilend
<b>Hund</b>			
<b>Tiernummer</b>	<b>Skelettelement</b>	<b>Seite</b>	<b>Heilungsstadium</b>
10	Metatarsus	li	unverheilt

## B. Pathologien

10	Metatarsus	li	verheilend
10	Lendenwirbel		unverheilt
10	Lendenwirbel		unverheilt
29	Femur	re	verheilt
64	Ulna	li	unverheilt
72	Halswirbel		verheilt
75	Lendenwirbel		verheilt
75	Lendenwirbel		verheilt
91	Lendenwirbel		unverheilt
94	Metatarsus	li	verheilend
98	Brustwirbel		verheilt
98	Brustwirbel		verheilt
98	Brustwirbel		verheilt
98	Brustwirbel		verheilt
99	Tibia	re	unverheilt
99	Fibula	re	unverheilt
99	Scapula	re	unverheilt
100	Rippe	indet.	verheilt
100	Brustwirbel		verheilt
100	Brustwirbel		verheilt
100	Brustwirbel		verheilt
100	Brustwirbel		verheilt
100	Brustwirbel		verheilt
103	Rippe	indet.	verheilt
103	Rippe	indet.	verheilend
103	Rippe	indet.	verheilend
103	Rippe	indet.	verheilend
103	Rippe	indet.	verheilend
103	Coxa	li	verheilend
103	Brustwirbel		verheilt
103	Brustwirbel		verheilt
103	Brustwirbel		verheilt
103	Brustwirbel		verheilt
108	Rippe	indet.	unverheilt
133	Rippe	indet.	verheilt
133	Rippe	indet.	verheilt
133	Fibula	re	verheilend
133	Scapula	re	verheilend
133	Lendenwirbel		verheilend
171	Brustwirbel		verheilt
171	Brustwirbel		verheilt
171	Brustwirbel		verheilend
171	Brustwirbel		verheilend
172	Rippe	indet.	verheilt
172	Rippe	indet.	verheilt
172	Cranium		verheilt
175	Rippe	indet.	verheilt
175	Femur	li	verheilt
175	Metatarsus	li	verheilt
175	Brustwirbel		verheilt
175	Brustwirbel		verheilt
175	Brustwirbel		verheilt
175	Brustwirbel		verheilt
175	Brustwirbel		verheilt
175	Lendenwirbel		verheilt
175	Lendenwirbel		verheilt
175	Lendenwirbel		verheilt

## B. Pathologien

185	Metatarsus	li	unverheilt
187	Rippe	indet.	verheilt
187	Rippe	indet.	verheilt
187	Rippe	indet.	unverheilt
187	Metatarsus	li	verheilt
187	Radius	li	verheilt
187	Lendenwirbel		verheilt
187	Lendenwirbel		verheilt
187	Lendenwirbel		verheilt
187	Lendenwirbel		verheilt
187	Lendenwirbel		verheilt
187	Lendenwirbel		verheilt
187	Brustwirbel		verheilt
229	Rippe	li	verheilend
229	Scapula	re	verheilend
229	Brustwirbel		verheilend
229	Brustwirbel		verheilend
229	Lendenwirbel		verheilend
229	Lendenwirbel		verheilend
234	Phalanx 1	indet.	verheilend
274	Rippe	indet.	unverheilt
274	Rippe	indet.	verheilt
274	Fibula	re	verheilt
286	Brustwirbel		verheilend
286	Brustwirbel		verheilend
295	Rippe	indet.	verheilt
295	Rippe	indet.	verheilt
295	Brustwirbel		verheilt
295	Brustwirbel		verheilt
295	Brustwirbel		verheilt
325	Lendenwirbel		verheilt
329	Rippe	indet.	verheilt
329	Scapula	re	verheilt
<b>Rind</b>			
Tiernummer	Skelettelement	Seite	Heilungsstadium
44	Coxa	li	verheilend
51	Brustwirbel		verheilend
143	Rippe	li	unverheilt
143	Rippe	li	unverheilt
143	Rippe	li	unverheilt
143	Rippe	re	unverheilt
143	Rippe	re	unverheilt
143	Rippe	re	unverheilt
143	Rippe	re	unverheilt
143	Rippe	indet.	unverheilt
143	Rippe	indet.	unverheilt
143	Rippe	indet.	unverheilt
143	Rippe	indet.	unverheilt
144	Lendenwirbel		unverheilt
259	Rippe	indet.	unverheilt
259	Rippe	indet.	unverheilt
<b>Katze</b>			
Tiernummer	Skelettelement	Seite	Heilungsstadium
114	Rippe	re	verheilend
114	Rippe	re	unverheilt
114	Rippe	re	unverheilt
122	Radius	li	verheilt
122	Ulna	li	verheilt

## *B. Pathologien*

130	Scapula	li	verheilt
134	Femur	li	verheilt



## **B.2. Intraartikuläre Läsionen der Schafe**

- Talus und Humerus: Pathologiestufen nach Zimmermann u. a. (2018)
- Metapodien: Länge und Breite der jeweiligen Läsionen in mm (siehe Abschnitt 4.3.5.6)

B. Pathologien

Tiernummer	Humerus			Talus			Metacarpus			Metatarsus			re lateral		
	li	re	li	re	li	re	li medial	li lateral	re medial	re lateral	li medial	li lateral	re medial	re lateral	re lateral
1	3				0	0	4	2	1	1	1	1,5			0
5					1	1									
6		3	2	2					1	1	0	0	1	1	0
7		2		3	5	2,5		1,5	1	3	2	2	5	2	1
8	2	2			0	0		0	1,7	1,1	0	0			
9	4	4			2,9	1,7	0	0	2,7	1,3	0	0			
12			3	3									0	0	0
13M	2	2													
15		4													
17	1	1	1	2	1	1		1	1	1	1	2	0,3	0,3	0,3
18			1						2,2	2	2	1	5	1	0
24	2	0	4	4	0	0		0	1	1	1	1			
25					2	2							0	0	0
26					4	3	4	2							
27	2						1,5	1,5	0	1,5	1,5	0		4	1
28															
30b			1												
31	2	3							0	0	0	0			
32	3														
34			2	0									0,5	0,5	
36							2	2	3	2					
38				2											
39	0	0					2,7	2,1	2,1	1,2					
40							5	2,5	5	1,5	5	2,5	5	1,5	
41M	4	3													
42	2	3	2	3	1,5	1		1	1	1	4	2	1,5	1	
46	0	0													
47	2		2												
48			3	3	1	1		1	0	0					
49M	2			2	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
49F					0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
50	2														
52	4		3												
53			2												
54			2	2											
55			0	0											
59	0	0													
60				4											

### B. Pathologien

[illegible]

### B. Pathologien

[illegible]

### B. Pathologien

[illegible]

### **B.3. Sonstige pathologische Erscheinungen**

# B. Pathologien

Schaf		Schaf							Schwanzwirbelpathologie	
Tiernummer	Zahnstein	Karies	Treppengebiss	Periodontitis	Sternbra porös	Eindellungen an Hornzapfen	Oestrus Ovis			
5								n=7		
9	ggr.									
13M		M3 unten li		hgr. mit Fistel				n=3		
17		M2 unten li	mgr.							
21b	hgr.		hgr.							
24	mgr.		ggr.							
38		M1 unten li								
40					hgr.					
42					mgr.					
53		Pd4 oben li								
67			mgr.							
107M								n=1		
129		M1+2 unten re		hgr.						
138		M2 oben re			mgr.					
139						ja				
150		Pd3 oben li								
163			mgr.			ja				
177			mgr.							
196			hgr.							
197					hgr.					
198				hgr.	ggr.					
201			mgr.							
205				hgr.						
207	hgr.	M2+3 oben li; M3 re		mgr.						
208	mgr.			ggr.						
211		M2+3 oben li	mgr.	ggr.						
212	mgr.	M1 unten li+re		mgr.						
214	mgr.		ggr.							
216	mgr.									
218			hgr.	hgr.						
220								n=1		
224		M3 unten li		ggr.						
228			mgr.				Larve			
243				ggr.						
245				hgr.						
246	mgr.	P2 oben li+re								
247a					mgr.					
248	mgr.		mgr.	mgr.						

B. Pathologien

251M							ngr.					
254							ggr.					
260							ngr.					
262											n=3	
268						ggr.						
271				M2+3 oben li			ngr.					
272											Larven	
273						ggr.						
275				M2 unten re			ngr.				Larven	
276				M3 oben re		ngr.	ngr.				Larven	
279											n=1	
281												
287						ggr.	ngr.					
291						ngr.	hgr.	ja				
292				M1 oben re							n=3	
312												
315							hgr. mit Fistel					
317											n=2	
319											Simasitis	
Hund												
Tiernummer	Zahnverlust	Karies	starke Zahnaabnutzung									
64	ja		ja									
169			ja									
172		M1 unten li	ja									
175	ja		ja									
188	ja		ja									



## C. Verwachsungsgrad der Wachtumsfugen

Zur Erklärung der Angaben siehe Abschnitt 2.2.2.1.

- 1 Atlas: Verwachsung des Wirbelkörpers mit den Wirbelbögen
- 2 Atlas: dorsale Verwachsung der beiden Wirbelbögen
- 3 Axis: Verwachsung des Wirbelkörpers mit den Wirbelbögen
- 4 Axis: dorsale Verwachsung der beiden Wirbelbögen
- 5 Axis: Verwachsung des Dens mit dem Wirbelkörper
- 6 übrige Halswirbel: Verwachsung des Wirbelkörpers mit den Wirbelbögen
- 7 übrige Halswirbel: dorsale Verwachsung der beiden Wirbelbögen
- 8 Brustwirbel: Verwachsung des Wirbelkörpers mit den Wirbelbögen
- 9 Brustwirbel: dorsale Verwachsung der beiden Wirbelbögen
- 10 Lendenwirbel: Verwachsung des Wirbelkörpers mit den Wirbelbögen
- 11 Lendenwirbel: dorsale Verwachsung der beiden Wirbelbögen
- 12 Metatarsus: Verwachsung der Strahlen III und IV (Schaf, Rind, Ziege)
- 13 Metacarpus: Verwachsung der Strahlen III und IV (Schaf, Rind, Ziege)
- 14 Radius: proximal
- 15 Humerus: Trochlea
- 16 Humerus: Epicondylus
- 17 Scapula: Tuber scapulae
- 18 Coxa: Acetabulum
- 19 Phalanx 2: proximal
- 20 Phalanx 1: proximal

### *C. Verwachsungsgrad der Wachstumsfugen*

- 21 Tibia: distal
- 22 Metacarpus: distal
- 23 Metatarsus: distal
- 24 Calcaneus: Tuber calcanei
- 25 Ulna: Tuber olecrani
- 26 Ulna: distal
- 27 Femur: Caput
- 28 Femur: Trochanter
- 29 Femur: distal
- 30 Radius: distal
- 31 Tibia: proximal
- 32 Rippenköpfchen
- 33 Humerus: proximal
- 34 Lendenwirbel: cranial
- 35 Lendenwirbel: caudal
- 36 Halswirbel: cranial
- 37 Halswirbel: caudal
- 38 Brustwirbel: cranial
- 39 Brustwirbel: caudal
- 40 Coxa: Tuber coxae
- 41 Coxa: Verknöcherung der Beckensymphyse

### C. Verwachsungsgrad der Wachstumsfugen

[illegible]

### C. Verwachsungsgrad der Wachstumsfugen

[illegible]

### C. Verwachsungsgrad der Wachstumsfugen

[illegible]

### C. Verwachsungsgrad der Wachstumsfugen

[illegible]

### C. Verwachsungsgrad der Wachstumsfugen

[illegible]

### C. Verwachsungsgrad der Wachstumsfugen

[illegible]



### C. Verwachsungsgrad der Wachtumsfugen

[illegible]

### C. Verwachsungsgrad der Wachstumsfugen

[illegible]

## D. Zahnstatus und -maße der Wiederkäuer

Bei Schaf und Ziege sind die Abkaustadien nach Payne (1987) angegeben, beim Rind nach Grant (1982). Die Durchbruchstadien wurden bei allen drei Tierarten nach Ewbank u. a. (1964) dokumentiert.

Maße	Unterkieferzähne
A1 L:	Länge an der Kaufläche
A2 B:	Breite an der Kaufläche
A3 HCb:	Kronenhöhe buccal
A4 HCl:	Kronenhöhe lingual
A5 LC:	Länge am Collum dentis
A6 BC:	Breite am Collum dentis
J1	Höhe des gesamten Zahns mit Wurzel bzw. Höhe der Zahnanlage (nur gemessen, wenn Kronenbildung noch nicht abgeschlossen)

#### D. Zahnstatus und -maße der Wiederkäuer

Schuf	Pq4	M1						M2						M3																	
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	J1	Status	A1	A2	A3	A4	A5	A6	J1	Status	A1	A2	A3	A4	A5	A6	J1							
Tiernummer	Seite																														
1	li	8,0	7,0						15A	11,4	8,6	3,3	11,4	8,6			15A	12,4	8,8	3,1	12,4	8,8		17G	26,7	9,0	4,6	26,7	9,0		
1	re	8,7	7,1						15A	10,6	8,5	3,0	10,6	8,5			15A	14,2	9,3	2,7	14,2	9,3		17G	24,8	9,1	5,0	24,8	9,1		
2	li	8,8	7,3						15A	10,9	8,0	6,6	10,4	8,1			9A	14,5	8,7	16,4	11,6	8,6		11G	22,3	8,8	32,7	20,7	8,1		
2	re								15A								10A							11G							
7	li	12S		14,5		7,3			14A			9,6		8,8			9A			23,4		10,2		11G			36,5		9,4		
7	re	12S							15A								9A							10G							
9	li	12S							15A								9A							10G							
9	re	12S							15A								9A							10G							
13M	li	8,8	6,3	10,5	9,5				15A	10,7	7,8	9,3	7,9	10,5	7,7		15A	15,7	9,1	15,7	16,8	12,9	8,4		10G	23,6	8,9	30,8	31,0	23,3	8,4
13M	re	15A							16A	10,6	8,2	7,0		10,9	8,2		15A	13,1	9,6	7,6					11G	25,0	9,8	21,8	24,1	9,0	
17	li	9,0	7,0	6,7					16A								15A							11G							
17	re								16A								15A							11G							
20M	re																							11G							
21b	li																16A							17G							
21b	re								16A								15A							17G							
22F																								17G							
23	li																8A	17,1	7,9	33,3		11,9	6,9								
23	li								15A								14A							11G							
24	li								15A								15A							11G							
24	re								9A	15,6	8,7	27,0		10,8	7,7		8A	18,4	9,1	44,4		13,0	8,9		1/2	22,4	9,2	45,0	25,5	9,6	
26	li								9A								8A							1/2							
26	re								9A								8A							1/2							
27	li	10,3	7,0	15,3					12A	11,6	8,6	11,9		11,2	8,4		9A	15,7	9,2	27,0		13,5	8,6		9G	22,3	8,4	41,0	21,7	8,5	
27	re								12A								9A							9G							
30a	li								15A								12A							11G							
30a	re	9,6	7,8	6,6	8,2				15A	11,7	8,7	3,2	5,4	11,7	8,7		12A	15,1	10,3	13,1	15,2	14,1	9,7		11G	26,9	10,7	24,0	27,6	28,3	10,2
38	li	9,9	7,2	15,2	15,4				14A	11,6	8,3	11,2	10,7	11,1	8,2		9A	15,4	9,2	21,5	22,3	15,2	9,1		11G	23,7	8,9	32,7	34,9	22,9	9,1
38	re	9,9	7,1	15,3	16,0				14A	11,3	8,3	10,8	9,2	11,3	8,1																
42	li								15A	8,3	7,7	8,2		8,8	7,3		15A	12,2	8,3	10,5		11,3	8,3		16G	23,8	8,7	13,3	22,9	8,7	
42	re								15A								15A							16G							
47	li								9A								9A							7G							
47	re	11,2	7,3	19,6					9A	14,9	9,0	23,3		11,1	8,0		9A	18,3	9,9	38,0		14,3	9,5		7G	25,2	9,0	47,4	27,2	10,2	
48	li	8,0	7,2	7,0					15A								15A	13,8	9,3	9,7		14,4	9,1		15G	25,5	9,2	10,6	27,4	9,4	
48	re								14A								12A	13,6	9,1	13,5		14,1	9,1		12G	25,8	9,5	17,4	26,3	9,4	
49M	li	9,5	7,3	7,8					15A	10,5	7,8	9,1		10,8	7,3		13A	14,2	9,0	10,4		12,6	8,5		14G	24,4	8,7	12,6	21,8	8,3	
50	li								15A								9A							11G							
50	re								15A	9,8	7,4	4,0		9,5	6,8		9A	13,8	8,4	15,3		11,8	7,3		11G	22,9	8,7	25,3	20,9	7,1	
53	li	15,2	7,4	4,6	15,2	7,4			9A								2A							36,6							
53	re								9A	16,0	8,1	27,3	28,0	10,5	7,3		2A														
54	li								14A	12,2	8,3	9,3		11,3	7,8		9A	16,6	9,1	28,9		13,5	8,8		8G	21,1	8,4	42,2	23,1	8,4	
54	re	10,2	7,4	11,5					14A								9A								8G						
55	li																11A	15,2	10,1	18,6		14,4	8,9		11G	24,7	9,8	28,9	25,5	8,8	
55	re																							11G							
58	li																11A	14,3	10,5	11,0		12,0	8,4		11G	26,2	10,5	22,6	24,2	8,8	
58	re																11A	15,0	10,8	11,5		13,0	9,6		11G	25,9	11,0	25,0			
60	li	16,9							9A	13,2	8,3	19,5		9,9	7,3		7A	16,6	8,5	31,7		12,5	8,5								
60	re								9A								7A														
63	li	10,1	6,8	14,2	11,1	9,2	7,3		14A	12,1	7,4	10,4	9,5	11,6	7,4		9A	15,8	9,3	20,9	21,5	12,7	7,7		11G	26,6	9,5	29,8	28,6	28,1	8,8
63	re								12A								9A							11G							
66	li								15A								15A							14G							
66	re	9,1	7,3						15A	9,6	8,2	7,4		10,0	7,9		15A	13,4	9,6	8,8		9,3	12,3		14G	26,7	9,9	12,7	25,0	8,7	
67	li								10A								9A							8G							
67	re	9,6	5,8	15,8	15,3	8,6	6,4		12A	13,1	8,6	13,4	12,6	11,2	8,3		9A	16,9	9,0	24,7	27,0	13,4	9,0		8G	19,8	7,7				
68	li	20,7	6,7	18,7																											
1/2																															

#### D. Zahnstatus und -maße der Wiederkäuer

[illegible]

#### D. Zahnstatus und -maße der Wiederkäuer

[illegible]

#### D. Zahnstatus und -maße der Wiederkäuer

[illegible]

D. Zahnstatus und -maße der Wiederkäuer

Rind		Pd4				M1				M2									
Tiernummer	Seite	Status	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Status	A1	A2	A3	A4	A5	A6	J1	Status	A1	A2
19	li	g	32						b-c	27,8	10,6	44,5		21,3	15,4				
44	li	g							1/2	31,2	10,9					49,6			
44	re	g	35,5	10,5	13,7	20,7	27,5	13,9	1/2										
45	li	g	33	11,8					b-c	29,2	11,4	47,4		20,7	15				
45	re	g	32,9	11,6					b-c	29,4	11,6								
51	li	f	34,7	12	27		27,9	13,4	E										
78	re		36,5	10,8															
81	li	c																	
81	re	c																	
191	li	c																	
259	li	m	31,5	12	14,2		23,9	13,3	e	29,3	11,7	43,9		19,9	14,7		E	30,7	11,5
Ziege																			
Tiernummer	Seite	Status	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Status	A1	A2	A3	A4	A5	A6	J1	Status	A1	A2
71	li	13L	17,3	6,3	12,9				E										



## E. Maße

Maße der ausgewachsenen Knochen (A...) größtenteils nach von den Driesch (1976). Die Maße der nicht ausgewachsenen Knochen sind mit einem „J“ für „juvenil“ gekennzeichnet. Nachfolgend sind alle Messstrecken gelistet und erklärt.

Wenn bei Jungtieren die Epiphysen zwar nicht verwachsen waren, aber vorlagen, wurden, wenn möglich, zusätzlich zu den Diaphysenmaßen auch die „adulten“ Messstrecken gemessen, indem die Epiphysen an die Diaphyse angelegt und mitgemessen wurden. Dies betraf vor allem die Größte Länge, sowie die Breiten- und Tiefenmaße der proximalen und distalen Gelenkenden. Somit enthalten die entsprechenden Spalten, obwohl die Messstrecken mit einem „A“ für „adult“ gekennzeichnet sind, unter Umständen auch Maße von Tieren, die nicht ausgewachsen sind. Damit solche Fälle schneller ersichtlich werden, beinhaltet die Maßtabelle auch die Informationen über den Epiphysenfugenschluss (zur Erklärung der Angaben siehe Abschnitt 2.2.2.1). Für die Messstrecken des Schädels und des Unterkiefers wurde die Nummerierung von den Drieschs (1976) übernommen.

### Atlas

- 1 GB: Größte Breite
- 2 GL: Größte Länge
- 3 BFcr: Breite der Facies articularis cranialis
- 4 BFcd: Breite der Facies articularis caudalis
- 5 LAd: Länge des Arcus dorsalis
- 6 H: Höhe

### Axis

- A1 LCDe: Länge von Corpus und Dens
- A2 LAPa: Länge des Arcus mit Processus articulares caudales
- A3 BFcr: Breite der Facies articularis cranialis
- A4 BPacd: Breite über die Processus articulares caudales
- A5 Bptr: Breite über die Processus transversi

- A6 SBV: Kleinste Breite  
A7 BFcd: Breite der Facies articulae caudalis  
A8 H: Höhe  
J1 Länge von Corpus und Dens ohne caudale Wirbelepiphyse

### **Sacrum**

- A1 GL: Größte Länge ventral  
A2 PL: Physiologische Länge  
A3 GB: Größte Breite  
A4 BFcr: Breite der Facies cranialis

### **Scapula**

- A1 HS: Höhe längs der Spina  
A2 DHA: Diagonale Höhe  
A3 Ld: Länge dorsal  
A4 SLC: Kleinste Länge am Collum  
A5 GLP: Größte Länge des Processus articularis  
A6 LG: Länge der Facies glenoidalis  
A7 BG: Breite der Facies glenoidalis  
J1 Höhe längs der Spina ohne Tuber  
J2 Diagonale Höhe ohne Tuber  
J3 Größte Länge des Processus articularis ohne Tuber  
J4 Länge der Facies glenoidalis ohne Tuber  
J5 Breite der Facies glenoidalis ohne Tuber

### **Humerus**

- A1 GL: Größte Länge  
A2 GLC: Größte Länge vom Caput aus

## *E. Maße*

- A3 Bp: Proximale Breite
- A4 Dp: Proximale Tiefe
- A5 SD: Kleinste Breite der Diaphyse
- A6 Bd: Distale Breite
- A7 BT: Breite der Trochlea
- A8 Dmd: Größte Tiefe am mediodistalen Ende
- A9 HT: Größte Höhe der Trochlea
- A10 SHT: Kleinste Höhe der Trochlea
- A11 Hvert: Höhe des Verticillus
- A12 HTl: Höhe der Trochlea lateral
- J1 Länge der Diaphyse mit distaler Epiphyse
- J2 Länge der Diaphyse ohne Epiphysen
- J3 Proximale Breite der Diaphyse
- J4 Proximale Tiefe der Diaphyse
- J5 Distale Breite der Diaphyse
- J6 Distale Tiefe der Diaphyse

### **Radius**

- A1 GL: Größte Länge
- A2 Bp: Proximale Breite
- A3 BFp: Breite der proximalen Gelenkfläche
- A4 Dp: Proximale Tiefe
- A5 SD: Kleinste Breite der Diaphyse
- A6 Bd: Distale Breite
- A7 Dd: Distale Tiefe
- J1 Länge der Diaphyse mit proximaler Epiphyse
- J2 Länge der Diaphyse ohne Epiphysen
- J3 Proximale Breite der Diaphyse

J4 Proximale Tiefe der Diaphyse

J5 Distale Breite der Diaphyse

J6 Distale Tiefe der Diaphyse

**Ulna**

A1 GL: Größte Länge

A2 LO: Länge des Olekranons

A3 SDO: Kleinste Tiefe des Olekranons

A4 DPa: Tiefe über Processus anconaeus

A5 BPc: Breite über Processus coronoideus

J1 Länge der Diaphyse ohne Epiphysen

J2 Länge des Olekranons ohne Tuber

**Os carpi intermedioradiale**

A1 GB: Größte Breite

**Os carpale II+III**

A1 GB: Größte Breite

A2 GD: Größte Tiefe

**Os coxae**

A1 GL: Größte Länge einer Hälfte

A2 LA: Länge des Acetabulums

A3 Tiefe des Acetabulums

A4 Höhe des Os pubis

A5 LAR: Länge des Acetabulums auf dem Rand gemessen

A6 SH: Kleinste Höhe der Darmbeinsäule

A7 SB: Kleinste Breite der Darmbeinsäule

J1 Größte Länge einer Hälfte ohne Tuber ischiadicum und Tuber coxae

- J2 Länge des unverwachsenen Os ilium
- J3 Länge des unverwachsenen Os ischium
- J4 Länge des unverwachsenen Os pubis

**Femur**

- A1 GL: Größte Länge
- A2 GLC: Größte Länge vom Caput aus
- A3 Bp: Proximale Breite
- A4 DC: Tiefe des Caputs
- A5 SD: Kleinste Breite der Diaphyse
- A6 Bd: Distale Breite
- A7 Dmd: Größte Tiefe am mediodistalen Ende
- A8 Dld: Größte Tiefe am laterodistalen Ende
- A9 BTP: Breite der Trochlea patellaris
- J1 Länge der Diaphyse mit Trochanter major
- J2 Länge der Diaphyse mit distaler Epiphyse
- J3 Länge der Diaphyse ohne Epiphysen
- J4 Proximale Breite der Diaphyse
- J5 Tiefe der Diaphyse an der Stelle des Caputs
- J6 Distale Breite der Diaphyse
- J7 Mediodistale Tiefe der Diaphyse
- J8 Laterodistale Tiefe der Diaphyse
- J9 Größte Tiefe der Diaphyse

**Patella**

- A1 GL: Größte Länge
- A2 GB: Größte Breite

**Tibia**

- A1 GL: Größte Länge
- A2 Bp: Proximale Breite
- A3 SD: Kleinste Breite der Diaphyse
- A4 Bd: Distale Breite
- A5 Dd: Distale Tiefe
- J1 Länge der Diaphyse mit distaler Epiphyse
- J2 Länge der Diaphyse mit proximaler Epiphyse
- J3 Länge der Diaphyse ohne Epiphysen
- J4 Proximale Breite der Diaphyse
- J5 Distale Breite der Diaphyse
- J6 Distale Tiefe der Diaphyse

**Fibula**

- A1 GL: Größte Länge
- J1 Größte Länge der Diaphyse ohne Epiphysen

**Os malleolare**

- A1 GD: Größte Tiefe
- A2 GH: Größte Höhe

**Calcaneus**

- A1 GL: Größte Länge
- A2 GB: Größte Breite
- A3 DSust: Tiefe über dem Sustentaculum tali
- A4 Länge der Facies malleolaris
- A5 Länge vom proximalen Ende der Facies malleolaris bis zur Spitze des Calcaneus

## *E. Maße*

A6	Länge vom Sustentaculum tali bis zum Tuber calcanei
J1	Größte Länge ohne die Apophyse des Tuber calcanei
J2	A6 ohne die Apophyse des Tuber calcanei

### **Talus**

A1	GL:	Größte Länge
A2	GLl:	Laterale Länge
A3	GLm:	Mediale Länge
A4	DL:	Laterale Tiefe
A5	Bd:	Distale Breite

### **Os            centroquartale**

A1	GB:	Größte Breite
A2	GD:	Größte Tiefe

### **Os            tarsale II+III**

A1	GD:	Größte Tiefe
A2	GB:	Größte Breite

### **Os            tarsale IV**

A1	GH:	Größte Höhe
----	-----	-------------

### **Metapodien**

A1	GL:	Größte Länge
A2	Bp:	Proximale Breite
A3	Dp:	Proximale Tiefe
A4	SD:	Kleinste Breite der Diaphyse
A5	DD:	Tiefe der Diaphyse
A6	Bd:	Distale Breite

- A7 Dd: Distale Tiefe
- J1 Länge der Diaphyse ohne Epiphyse
- J2 Distale Breite der Diaphyse
- J3 Distale Tiefe der Diaphyse

**Phalanx 1**

- A1 GL: Größte Länge
- A2 GLpe: Größte Länge peripheral
- A3 Bp: Proximale Breite
- A4 SD: Kleinste Breite der Diaphyse
- A5 Bd: Distale Breite
- J1 GL ohne proximale Epiphyse
- J2 GLpe ohne proximale Epiphyse
- J3 Proximale Breite der Diaphyse

**Phalanx 2**

- A1 GL: Größte Länge
- A2 Bp: Proximale Breite
- A3 SD: Kleinste Breite der Diaphyse
- A4 Bd: Distale Breite
- J1 GL ohne proximale Epiphyse
- J2 Proximale Breite der Diaphyse

**Phalanx 3**

- A1 DLS: Größte diagonale Länge der Sohle
- A2 Ld: Dorsale Länge
- A3 HP: Höhe am Processus extensorius
- A4 BF: Breite der Gelenkfläche



## **E.1. Maße Schaf**

	Schildel	Messstrecke	Tiernummer	7	9	17	21b	30a	49M	58	60	63	66	74	83	87	89	138	139	140	149	161	163	173	177	192	196	197	198
1							260,0																	223,0					
2							255,6																				225,4		
3							237,1																				221,8		
4							168,9																						
5							67,7																						
6																													
7							144,2																						
8							139,1																				119,7		
9							52,3										46,9	51,3									51,8		
10							100,1																				79,3		
11							113,0										100,8	101,3									106,6		
12							182,1																						
13							176,3																						
14							45,0																						
15							92,1					96,2																	
16							162,8																				87,8		
17							175,5																	163,3					
18							134,3																						
19							110,3																						
20							94,0																						
21							70,6	74,3				75,1					74,8												
22							47,8	53,0				52,4					49,8											65,2	
23							22,7	23,0	22,7			23,3					24,5											43,1	
24							46,2																					22,6	
25							37,8																						
26							76,0	80,7																					
27							49,8	60,3	48,0		45,6		47,6	52,1	62,5		55,0	53,0	52,6	55,6		49,9	52,1	46,5			52,9	48,0	
28							70,0	82,1									73,6	75,0	72,8	75,3					63,9				
29							19,2	19,1	18,5		20,4			18,8	24,7		23,7	18,5	18,5	21,9		19,6	16,3		19,2		15,0	17,2	
30							18,2	18,4	20,4		23,8		20,6	17,8	23,9		21,0	20,6	18,8	18,5			19,2		20,2		16,4	18,8	
31							44,2	54,5									49,6	54,0		42,9									
32							105,8	122,5							122,7					114,4									
33							62,9	68,8																					
34							115,4	132,6									122,2			147,5							117,0		
35																													
36							81,5										82,6												
37																													
38							43,2																						
39							40,7																						
40							72,9										77,7												
40 II	118,0						152,0	187,0	57,0	136,0	108,0	151,0	133,0	130,0	187,0	87,0	162,0	151,0		159,5	160,0		148,0			100,0	169,0	60,0	143,0
41 I	42,3						56,0	66,1	23,3	46,8	37,4		48,4	46,6	69,0	30,6	58,6	54,6		57,3	55,5		52,8				60,8	21,4	49,3
42 II	28,4						37,9	52,9	16,8	34,2	26,2		35,3	30,6	49,3	23,1	40,9	35,5		37,9	38,9		40,4				45,2	15,2	37,0
43 II	165,0						355,0		37,0	150,0				250,0		65,0	320,0			320,0				260,0		140,0		16,0	255,0
40 re	118,0									130,0							159,0											67,0	
41 re	42,3									47,2							53,7											22,1	
42 re	28,4									34,1							39,4											17,8	
43 re	165,0																325,0					325,0						60,0	

E. Maße

	Schädel	Messstrecke	Tiernummer	207	208	211	212	214	215	216	218	224	228	245	258	260	272	275	278	281	287	291	292	306	312	315	323
1				240,0																							
2				246,0																				272,0			
3				225,8																				253,5			
4				164,7																				183,4			
5				63,7																				69,4			
6				131,7	134,1																						
7				138,1																							
8				124,2	126,1						134,6											118,1			109,6		
9				52,5	51,7	69,4					59,0								48,9	66,2		53,4			49,3		
10				90,3	87,0						88,6										76,7				72,6		
11				101,4	100,8						101,7									95,6	95,2				88,3		
12				167,9																							
13				164,7																							
14				47,3																							
15				90,4																							
16				146,4																							
17				173,3																							
18																											
19																											
20				78,2																							
21				62,1	64,8		69,1	66,4								74,9					68,7		68,7	75,3			
22				43,6	44,3		47,8	45,4								51,7				46,5		45,8		53,1	47,3		
23				22,7	22,3		22,5	22,3								24,2				23,7		23,6		23,9			
24				39,4																							
25				37,8																							
26				71,8																		71,1					
27				52,5	54,3	49,3				54,6		52,4	48,9	51,0			50,8			49,6	45,1	48,8		48,2	46,9		
28				75,4									68,2	68,8			67,4					71,8		71,5			
29				16,6	18,4	18,7				23,6		22,7	21,0	21,1			13,9			19,7	19,4	18,2		18,5	22,7		
30				22,0	19,1	17,8				19,0		19,5	19,6	20,0						19,2	16,4			22,2			
31				39,8										70,3											35,7		
32																											
33																								63,3	59,5		
34				114,8																							
35																											
36				78,2																							
37				31,2																							
38				31,4																							
39				65,8																				65,7			
40 II				168,0	120,0					36,0				157,0	86,0							143,0				176,0	140,0
41 II				59,9	45,3					10,9				55,6	33,3				53,0			52,1				57,3	49,7
42 II				42,0	31,3					10,1				38,5	19,0				36,0			35,7				45,7	35,6
43 II										9,3		35,9		262,0			162,0									406,0	215,0
40 re				146,0	162,0					28,0								144,0				144,0					
41 re				49,8	58,4					8,5								53,9				53,4					
42 re				37,9	41,5					7,6								37,4				35,0					
43 re				220,0						8,4							155,0					32,10					

Mandibola Tiernummer	Seite	Messstrecke														15a	15b	15c
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
2	li							74,7	54,0	21,7								
7	li			45,2	141,7			82,5	56,6	26,6						37,6	21,4	17,5
9	li			49,7				73,5	52,2	21,2				66,2		38,2	20,3	16,5
9	re	169,7	175,0	51,1	119,7	122,3	140,4	72,0	51,6	20,4		39,6	71,4	67,4	97,2	37,8	20,7	16,1
13M	li			54,8				71,0	46,6	23,9						32,4	18,5	13,6
17	re							74,2	50,5									
21b	re		215,8		132,7			72,3		23,6		53,3	84,6	74,6	107,8	39,6	19,4	21,6
27	li							74,0	51,0	24,6								
30a	li							78,7	55,5	23,0						41,6	25,2	21,7
30a	re	200,5		68,7	131,6	146,0	172,0	79,9	56,4	23,2		48,4				41,3	24,7	21,4
47	li							82,4	56,6	24,0								
48	li							76,2	51,2	24,2								
49M	li								47,1									
50	li							71,0	52,1	21,0								
53	li													53,3				
54	re							77,3	50,3	25,5								
63	li											46,3						
63	re							79,9	56,3	23,8						38,8	26,5	21,6
74	li							74,3	51,4	22,4								
83	re	204,6		69,7				79,3	45,0	23,0								
90	re					92,2	107,9						48,0	47,5	74,7		22,8	14,4
104	li									32,9								
105a	li	168,8				142,3	158,0	74,2	52,2	21,3			73,2	66,8	102,5	37,3	22,2	15,4
105a	re							72,6	50,3	21,5						37,0	23,2	15,7
107M	re							67,0								39,9		17,6
110	li					78,9	87,8						42,8					
121	li			49,1				74,6	49,9	23,5						39,1	20,0	14,7
123	re			41,9												32,3		
138	li			55,2		129,6	148,7	73,8	49,0	23,5						100,6	38,7	22,3
139	li							71,0										
139	re	191,3		68,4				71,2								34,8		
140	li							76,3	52,2	23,8								
154	li									23,9							25,0	18,2
157	li					92,8	108,5											
157	re																	
160	li																	
161	li			49,5				78,6	56,2	21,9								
161	re						148,8									39,6	22,5	16,9
173	re			45,3		120,0	135,2	77,6	48,6	28,0						40,1	21,8	17,5
177	re			62,1		131,6	148,1	71,8	51,0	20,4						35,7	20,4	15,6

[illegible]

Atlas												
Tiernummer		corpus		dorsal		Atlas						
						1	2	3	4	5	6	
2							48,0	47,5	44,0		32,8	
7						63,5	48,6	48,7	47,7			
9						59,6	51,2	44,0	43,7		33,8	
24							56,9	52,2	49,3		40,4	
26												
											40,1	
30a						82,0	63,9	52,3	52,2		47,7	
42						73,0	55,5	52,0	49,4		39,8	
48									49,6		45,0	
49M						64,8		49,8	46,0		35,6	
54									42,3		34,9	
58						66,4	53,2	47,7	42,0		36,0	
60						55,4	43,5	50,1	44,7		34,1	
63								53,0	51,0		43,7	
66						70,0	57,0	53,2	46,0		40,6	
74						76,6	57,4	57,9	48,9		40,3	
80					-	53,9	42,5	41,1	42,8		34,4	
83			+			91,6	72,5	63,6	57,8		50,9	
107M							50,8		43,0		40,5	
129						60,8	48,1	43,7	40,3		36,8	
138						71,0	61,2	51,0	51,4		44,4	
139						73,9	60,7	53,8	50,1		41,6	
140						81,2	62,1	55,1	54,4		41,0	
142							46,1					
149												
									50,1			
153							45,8	44,8			33,5	
161						66,4	49,5	46,0	44,5		40,9	
163							54,7	48,1			43,5	
173								47,4			39,5	
177			+/-				51,2	45,1			37,0	
196							55,0					
197												
198						65,6	45,7	46,9	45,6		39,5	
199							55,0	47,4	47,1		43,7	
205							52,7		48,2			
207							53,4	50,7	49,9		40,9	
208							56,1	51,8	51,8		45,8	
210								49,6			37,1	
211							53,0	48,1	50,1		39,5	
214						55,5	46,2	42,3	37,2			
216								58,2	56,0		39,7	
218						74,6	56,2	45,1	46,6		41,4	

Terminnummer	Axis																			
	corpus	dorsal	dens	caudal	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	J1							
224						73,3	56,6	52,1	49,0	44,3										
228							48,6													
245						72,6	58,0	47,1	48,2	41,8										
247a							44,9	41,4	41,0	32,7										
250			+0				43,2	45,0	40,5	33,7										
252			+/-						41,8											
258			+/-				42,0	46,2		34,4										
260							48,9	42,7	44,7	36,9										
268							52,3	54,1	48,4	37,7										
271							47,8		40,3	35,7										
273								51,2		38,5										
275					74,3	56,3	48,4	48,7		43,1										
278										43,8										
281							55,4	49,8		40,2										
287					62,9	47,1	45,9	43,7		34,2										
291					72,1	55,5	47,4	44,9		41,1										
306						60,6	47,8			47,2										
312					59,5	48,4	46,0	43,3		34,6										
315						62,6				43,4										
Terminnummer	Axis																			
	corpus	dorsal	dens	caudal	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	J1							
1	+	+	+	+	63,4		47,7			28,2										
2			+	-			41,7			23,9		42,2								
7						45,5	46,4	31,3		25,8	25,4	50,6								
9			+	-	59,3	49,7	43,4			22,2	22,0	42,7	56,0							
13M			+	+	56,7	49,2	41,4			21,0	20,7									
17	+	+	+	+	54,7	62,3	47,4	36,8	47,0	31,3	31,3	59,7								
24					63,4		49,0			27,1	27,1	53,2								
25			+	+	59,1	49,2	45,7	30,6		24,0	22,9	48,9								
26			+	-			45,2													
30a			+	+	66,4	55,1	51,1	41,1	58,2	28,4	32,9	69,1								
38			+	-						22,0										
42			+	+	60,7	48,1	47,8	37,3		23,6	26,5	55,8								
47			+	-			49,5													
48			+	+	61,8	50,3	48,5	39,0		26,5	27,3	55,6								
49M			+	+	57,1	47,8	40,5	31,0		23,3	23,6	50,5								
53			+/-	-					37,3	22,3	19,9	38,3								
54			+	-			42,9													
58			+	+				32,2												
59			+	+	64,3	55,6	49,5	50,0		33,4	28,7	68,0								
60			+	-			43,7													
63			+	+	62,1	53,6	49,0	45,3		28,5	29,8	66,9								
66			+	+	59,0	67,7	48,7	34,8		27,0	28,6	58,0								





268			+	+	63,3	67,5	47,1	34,4		25,8	24,8	50,2							
271			+	-		44,5	42,2	26,8		21,8	20,7	43,7	52,0						
273			+	+		64,4	54,2	46,6		46,8	25,0	25,0	52,1						
275			+	+		59,5		46,6	39,2	51,7	30,2	31,3	60,4						
276			+	+				42,0	54,3		22,5	21,9							
278			+	+0		64,6		57,0	36,6		28,1	30,5	56,0						
281			+	+		61,4	50,1	44,0	32,0		24,8	25,4	50,7						
287			+	+/-		56,6			29,8	38,8	22,1	21,6	41,9						
291			+	+		60,5	65,5	44,9	37,5		29,0	26,4	59,5						
292			+	+0		59,9	46,3		33,1	42,3	22,9	22,0	46,3						
306			+	+				52,8											
307			+	+/-		56,4	43,0				22,7	22,1	40,9						
312			+	-			46,9	42,9	28,2		22,6	21,5	43,8	54,0					
315			+	+		59,7	53,4		42,5	46,6	27,5	28,3	69,4						
323			+	+				46,0	31,2			26,9	53,5						
<b>Sacrum</b>																			
<b>Tiernummer</b>																			
2			+0							A1	A2	A3	A4						
12			+								84,6		30,6						
15			+			102,4	96,3						28,5						
17			+			94,3	84,7						30,5						
20M			+										35,2						
21			+										31,1						
22M			+			98,9	97,1	74,7	32,6				32,6						
24						95,0	86,0		36,9				34,0						
25			+										32,8						
30b			+								86,2		30,5						
39			+										37,0						
40													32,9						
42			+								90,0		36,8						
48			+										32,0						
49M			+										29,1						
52			+								83,2		30,9						
61													32,1						
62			+			88,8	86,0	67,3	29,8										
73			+										28,1						
74			+0			81,2	67,5	62,0	29,5										
83			+			109,2	103,8	88,7	34,9										
89													33,8						
90								47,2											
102													30,5						
121			-										30,5						
138			+										36,8						

[illegible]

Scapula		Tuber		Seite		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	J1	J2	J3	J4	J5
Tiernummer																	
315										28,6							
317						92,0	84,6	75,3	38,0								
1					li				22,9	36,6	28,7	23,9					
1					re				22,7		28,8	23,2					
2					li				18,4	32,2	26,3	20,1					
2					re				18,2	32,3	26,6	20,2					
5					re					33,9	26,6	24,8					
6					li				20,0								
6					re					35,6	27,7						
7					li				17,4	32,7	26,4						
7					re				18,1	32,8	27,4						
8					li	141,0			20,9	33,5	26,1						
8					re				20,0			21,8					
9					li				18,8	30,6	25,3	20,2					
13M					li				18,7	30,4	24,7						
13M					re	161,8											
13F					li				11,9						18,8		13,7
15					re				22,6	36,7	27,5						
16					re				16,0								
17					li					35,8	27,7	24,1					
17					re				22,2			23,3					
21					re	142,5		96,5	18,6	32,6	26,3	20,4					
22M					li				19,6								
22M					re					34,2	26,3	21,1					
24					li	157,5			21,6	36,7	28,4	23,2					
24					re				21,8	37,1	28,1	22,5					
25					re				21,1	34,9	27,6	21,6					
27					li				17,2	31,5	26,2	20,0					
27					re				17,6	30,9	25,8	19,3					
32					li					33,2		20,2					
33					li				20,7								
36					li				22,7	38,1	31,5	25,7					
39					li				24,7	39,9	30,4	24,8					
39					re	182,0				39,4	30,3	25,0					
40					li				22,5	33,9	26,9	23,5					
40					re				23,2	34,3	26,8	22,8					
41M					re	135,0		86,7	18,5								
42					li				19,7			24,0					
42					re				21,8	38,3	30,5	25,8					
43					re			155,2	20,4								
46					li	138,8			18,1								

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Tiernummer	Caput	Tuberculum	Trochlea	Epicondylus	Seite	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	J1	J2	J3	J4	J5	J6
323			+	+	re				18,7	33,9	28,7	22,5											
326			+		re				23,0	37,1	29,3	25,1											
330			-		li				14,2														
331a			+		re				19,1	33,1	26,2												
<b>Humerus</b>																							
1	+	+	+	+	li						34,0	31,1	29,8	20,6	16,2	20,2	17,2						
2	+0		+	+	li						30,7	29,5	27,2	17,4	14,6	16,6	15,0						
5	+0		+	+	re					16,3		31,0	28,6	20,5	15,0	17,4	13,0						
6	+0	+0	+	+	re	157,1	139,2		47,5	14,4	31,2	30,3	29,2	19,2	15,0	17,9	13,5						
7	-	-	+	+	re	149,6	133,4	39,2		13,7	21,1		28,3	20,7	15,9	17,7	17,2	125,0					
8	-	-	+	+	li	144,6	130,0		44,4	13,7	30,9	30,2	27,4	18,2	14,8	16,6	13,5	125,0		31,8	39,0		
8	-	-	+	+	re						30,4	30,2	27,4	18,1	14,6	16,2	12,0						
9	+0	+0	+	+	li		117,8			12,3	30,1	28,4	26,5	17,8	14,6	16,4	12,3						
9	+0	+0	+	+	re	133,1	117,9	41,0	44,3	12,3	29,5	28,6	26,3	17,4	14,2	16,7	12,9						
13M	+0	+	+	+	li	140,3	125,3	39,1	43,8	13,3	28,7	27,7	25,6	17,5	13,9	16,4	13,4						
13M	+0	+	+	+	re						28,5	28,2	25,3	17,5	14,3	16,8	13,4						
13F			-		li							22,4											
13F			-		re							22,3											
15	+0	+	+	+	re				50,9		34,0	32,1	29,6	19,3	16,3	18,6	13,8						
16	-	-	+	+/-	re		108,1			10,6	29,1	27,6	26,2	16,3	13,7	16,1	12,8	102,7					
17	+/-	+0	+	+	li	149,7	131,2	42,8	44,8	17,5	32,8	30,7	28,0	18,3	14,3	17,2	15,2						
17	+/-	+0	+	+	re	149,5	131,6		46,0	17,5	33,2	31,1	28,3	18,9	14,2	16,8	15,6						
20M	+0		+	+	li					15,9			29,3	19,0	15,0								
21	+0	+0	+	+	re	150,3	131,1	41,2	45,3	14,5				17,3	14,6								
22M	+0		+	+	li					33,3	29,5	26,5	18,3	15,2	17,0	12,8							
24	+0	+0	+	+	li	161,4	146,2		48,9	16,1	36,6	33,8	31,7	20,9	16,7	20,6	15,9						
24	+0	+0	+	+	re	161,2	144,8	45,7	50,3	16,2	34,4	33,6	32,3	21,3	16,7	20,3	16,0						
25	+0	+0	+	+	li						32,6	29,3		18,0	15,3	17,0	13,9						
25	+0	+0	+	+	re						32,6	29,7		18,9	15,1	17,7	13,0						
26			+	+	re						32,2	30,8	30,0	20,4	16,5	19,8	17,3						
27	-	-	+	+	li						30,5	28,9	25,9	17,1	14,3	16,6	13,6						
27	-	-	+	+	re					12,4	30,7		26,4	17,7	13,7	17,0	13,5						
31	+0	+	+	+	li					14,9	30,3	30,0	27,1	17,0	14,9	17,3	13,4						
31	+0	+	+	+	re	148,9	131,4	41,8	42,8	14,6	30,3	29,9	27,0	17,1	14,8	17,5	13,3						
32	+0	+	+	+	li				47,1	15,4	32,5	30,5	28,4		14,3	17,5	12,7						
33	-	-	+	+	li								28,7	18,6	15,3	18,0	14,2						
36	+/-	+/-			li				51,8														
37			+	+	li						32,4	28,3	26,3	20,6	15,3	16,8	13,9						
38	-		+	+	re						31,1	29,2	27,2	19,1	14,5	17,4	14,1						
39	+0	+	+	+	li				58,0	18,4	37,1	35,2	32,8	22,6	17,9	21,3	17,8						
39	+0	+	+	+	re	172,2	153,1	50,0	57,0	18,3	36,7	35,1	32,7	23,5	17,8	21,3	16,9						
40	+0	+0	+	+	li																		





[illegible]

[illegible]

[illegible]

280	+0	+0	+	+	+	li	137.0			16.8	34.3	32.4	28.5	19.8	15.8	18.4	13.3							
281	+	+	+	+	+	li	132.1			14.8	32.9	29.8	28.0	18.7	15.4	17.6	14.1							
282	+0	+0	+	+	+	li		47.7			33.0	32.2		19.2	14.1	16.6	13.1							
282	+0	+0	+	+	+	re					32.8	31.8	29.2	19.5	14.5	17.4	13.1							
283	-	-	-	-	-	li				8.8		25.0						81.3					24.4	16.5
283	-	-	-	-	-	re				8.6												24.4	16.3	
284	-	-	-	-	-	li				8.5												24.2	15.7	
285b	+	+	+	+	+	li	151.7	135.4	40.8	43.7	15.8	30.4	26.9	18.7	15.5	18.3	15.9							
285b	+	+	+	+	+	re				15.9	31.7	30.2	26.9	18.8	15.5	18.9	15.8							
287	+/-	+/-	+	+	+	li		129.8		42.5	30.0	28.8	26.4	18.0	13.4	16.4	12.5							
287	+/-	+/-	+	+	+	re	146.1	130.0		43.2	29.7	28.4	26.3	18.2	13.5	16.3	12.3							
291	+	+	+	+	+	li	151.3	135.5	40.1	43.3	15.4	31.1	29.0	27.5	19.0	14.5	16.5	14.5						
291	+	+	+	+	+	re					31.1	29.4	27.6	18.5	15.0	16.9	14.6							
292	+0	+0	+	+	+	re					30.2	29.2	27.9	19.0	14.3	17.1	14.0							
293	-	-	-	-	-	li				9.9		25.4						80.2	22.7	28.6	26.8	17.7		
293	-	-	-	-	-	re					25.1										26.4	17.9		
296b			+	+	+	li				15.5	32.7	29.8	28.0	20.3	15.0	18.0	14.6							
296b			+	+	+	re				15.9	32.4	29.8	27.7	20.3	15.0	18.1	14.6							
297	+/-	+/-	+	+	+	li					34.5	32.9	30.3	20.1	15.8	17.9	14.4							
297	+/-	+/-	+	+	+	re					33.9	32.7	30.3	19.1	15.6	18.2	14.3							
303	-	-	-	-	-	li				8.5		24.1						84.4	21.4	27.1	25.0	16.0		
303	-	-	-	-	-	re						24.1												
305	-	-	-	-	-	li						16.7										17.7	10.8	
305	-	-	-	-	-	re				7.0								59.9	12.8	18.2	17.0	10.7		
306	+0	+0	+	+	+	li			50.3	16.2	35.7	34.8	30.8	21.2	16.6	19.1	14.8							
306	+0	+0	+	+	+	re				16.3	35.8	34.7	30.6	21.7	16.0	19.0	14.0							
307	+0	+0	+	+	+	li		126.0		13.7	31.2	28.9	27.5	18.0	14.4	17.1	13.1							
307	+0	+0	+	+	+	re						28.6	27.3	17.9	14.4	17.0								
308a	-	-	-	-	-	li				9.6		23.0						83.7	20.9	27.4	24.3	16.6		
308a	-	-	-	-	-	re				9.4								85.1	21.1	27.7	16.4			
308b	-	-	-	-	-	re				7.8								74.7	19.1	23.3	14.4			
309	+0	+0	+	+	+	re	149.2	135.9	39.5	44.7	14.6	30.3	29.3	28.3	19.5	15.3	17.4	12.6						
312	+0	+0	+	+	+	li	143.9	126.8		44.7	12.2	28.9	27.5	26.3	17.9	14.2	16.5	13.0						
312	+0	+0	+	+	+	re	142.5	127.1		44.4	12.8	29.1	27.5	26.4	17.6	14.3	16.6	13.0						
314			+	+	+	li					35.4	34.1	31.4	20.0	17.0	18.8	15.5							
315	+0	+	+	+	+	li					34.2	32.0	29.5	19.3	15.7	18.7	14.6							
315	+0	+	+	+	+	re	153.6	136.7	42.7	48.9	16.1	33.8	31.7	29.3	19.2	15.6	18.5	14.6						
316	+	+	+	+	+	li						37.1	35.6	32.8	22.4	17.1	20.1	15.8						
316	+	+	+	+	+	re	169.9	149.6	48.6	56.0		34.7	31.6	22.6	17.1	20.0	15.7							
317	+	+	+	+	+	li	141.4	127.0	38.4	45.5	15.8		30.6	25.2	17.7	14.1	16.0	13.2						
317	+	+	+	+	+	re	141.8	127.5	37.9	45.0	16.4		30.1	25.2	17.7	13.8	16.1	13.3						
318	+0	+0	+	+	+	li						33.3	30.6	29.8	19.5	15.4	16.9	13.8						
318	+0	+0	+	+	+	re				15.6	33.6	30.5	29.9	20.1	15.1		13.1							

Radius	319	319	320M	320F	323	326	331a	Radius																							
Terminummer	1	2	3	5	6	7	8	9	9	13M	13M	13F	13F	14	14	15	17	17	18	20M	22M	24	24	25	25	26	27	28	28	31	32
proximal	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
distal	+0	+0	-	+	+0	-	+/-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+0	+0	+	+	+	+0	+0	+	+	+/-	+0	+	+	+	+
Seite	li	li	li	re	re	li	re	li	re	li	re	li	re	li	re	re	li	re	re	li	li	li	re	li	re	re	li	li	re	li	li
A1	171,2	158,6		151,1	170,3	162,4	162,8	142,5	151,6	150,7						159,5	161,9	161,0	173,4		183,5	183,9			174,8	148,8	174,7		159,6		
A2	35,4	31,1			33,1		33,0	31,0	31,0	31,2						35,6	33,2		34,6		37,0	36,7					29,1		33,1	34,0	
A3	33,0	28,9			30,4		30,8	28,8	29,1	29,0						31,9	30,5		31,5		28,9	33,9					28,3	33,6	29,6	30,7	
A4	18,2	16,6		18,6	18,5		17,8	16,3	16,0	15,7						17,9	16,0		17,9		16,8	19,2					14,6	20,0	16,5		
A5																															
A6																															
A7																															
J1																															
J2																															
J3																															
J4																															
J5																															
J6																															

[illegible]

[illegible]



[illegible]

[illegible]





[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]



[illegible]

		Os coxae															
Tiernummer		Acetabulum	Tuber coxae	Symphyse	Seite	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	J1	J2	J4	J4	
5		+			re	16,5	18,7										
215					li	14,3	13,4										
215					re	14,6	13,7				16,7	8,6					
216					li	18,0	18,5				15,2	7,9					
216					re	19,0	20,0				14,8	8,2					
224					re	16,5	16,7				15,0	8,6					
227					li	15,7	16,2										
231					re	14,9	16,4				17,3	11,1					
245					li	16,0	16,7				15,9	11,1					
247b					re	14,5	16,3				15,7	10,0					
248					li	15,1	14,6				15,6	10,5					
251M					re	15,0	16,4				15,6	9,2					
252					re	17,1	15,0										
257a					li	15,5	16,9										
257a					re	15,7	17,6										
258					li	16,1	16,5										
261					re	17,1	19,5										
272					re	14,8	16,1										
273					re	17,9	15,8										
276					li	16,2	15,6										
276					re	15,8											
283					li	14,2	13,0										
293					li	14,1	12,8										
293					re	14,4	13,1										
303					re	12,8	12,7										
309					re	15,8	14,7										
312					re	14,2	14,8										
314					re	16,7	17,7										
326					re	17,4	17,3										
Os coxae																	
Tiernummer		Acetabulum	Tuber coxae	Symphyse	Seite	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	J1	J2	J4	J4	
5		+			re		32,6	7,8									
6		+			re		31,5				16,7	8,6					
7		+		-	li						15,2	7,9					
7		+		-	re						14,8	8,2					
12		+		-	re		29,0		5,3		15,0	8,6					
15		+	+0	-	re	209,0		3,1	6,1								
17		+	-		li		32,6		8,9		17,3	11,1					
17		+	-		re		32,2	8,9	9,3		15,9	11,1					
21		+	-	-	li		32,0	5,3			15,7	10,0					
21		+	-	-	re		30,9	5,4	6,0		15,6	10,5					
22M		+	+	+	li			3,7	6,1		15,6	9,2					
24		+	-		re		35,5	4,3			17,7	10,3					





[illegible]

[illegible]



[illegible]



[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Tibia																	
Tiernummer		proximal		Crista	distal	Seite	A1	A2	A3	A4	A5	J1	J2	J3	J4	J5	J6
252						re	29,0	18,8									
260						re	32,9	23,0									
262						li	31,9										
269						li	12,2	7,4									
269						re	12,2	7,7									
271						re	28,6	18,1									
272						li	28,9	18,3									
275						li	32,5	21,1									
275						re	21,4										
277						re	30,5	19,8									
278						re	30,0	22,7									
281						re	36,6	22,7									
283						re	14,8	9,7									
287						li	29,7	19,7									
303						re	17,8	11,3									
306						re	38,3										
312						li	29,9	21,1									
Tibia																	
1	1		+	+	+	li		15,4	30,9	23,2							
1	1		+	+	+	re		15,3	30,2	23,7							
5	5		+0	+0	+	li	199,6		15,5	28,9	22,8						
5	5		+0	+0	+	re		44,3									
6	6		+0	+0	+	re	223,5	43,0	13,7	29,2	21,4						
7	7		-	-	+	li		44,1									
7	7		-	-	+	re	211,0	43,9	13,1	29,8	23,4	200,0					
12	12		+0	+0	+	li			13,4	27,1	20,1						
12	12		+0	+0	+	re				27,2	20,1						
14	14		-	-	-	li			7,9								
14	14		-	-	-	re			7,9								
15	15		+0			re			16,0								
17	17		+0	+0	+	li	211,1	43,4	15,4	29,4	22,9						
17	17		+0	+0	+	re	210,0	43,7	15,2	29,4	22,5						
18	18		+	+		re			16,1								
20M	20M		+/-		+	li			14,4								
20M	20M		+/-		+	re				27,9							
20F	20F		-			re											
22M	22M		+		+	li	203,7	44,6	14,3	27,6	23,3						
24	24		+0	+/-	+	li			16,5	31,0	25,9						
24	24		+0	+/-	+	re		47,7	16,2	30,4	24,6						
26	26		-	-	+	li			17,0	29,7	22,8						
26	26		-	-	+	re			17,1	29,5							
27	27				+	li			12,5	27,9	20,6						

[illegible]

[illegible]

[illegible]



[illegible]

[illegible]

		Calcaneus															
Tiernummer		Tuber		Seite		A1	A2	A3	A4	A5	A6	J1	J2				
1			+	li	60,0	22,4	22,4	22,4	15,0	24,6	39,8						
1			+	re				22,5			40,4						
5			+	li	55,5	22,5	21,6	13,3	24,2	35,3							
5			+	re	56,2	22,4	21,8	13,5	24,3	35,8							
6			+	li	61,4	21,1		13,6	25,1	40,9							
6			+	re	61,0	21,5	21,7	13,7	25,2	40,2							
7			+	re	60,8	21,8	11,2	14,4	26,3								
12			+	li	55,8	20,0	20,7	13,9	23,6	35,8							
12			+	re	55,4	20,6	20,3	14,8	23,9	35,7							
15			+	re			23,3			40,7							

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]



[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Metacarpus																
Tiernummer	III/IV			distal	Seite	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	J1	J2	J3	
						re	li	9,3								
197					re	14,4	9,3									
198					re	15,7	11,3									
199					li	15,7	10,7									
202					li	10,7	7,6									
203					li	14,7	9,5									
204					re	12,4	8,9									
212					li	16,0	11,2									
220					re	15,9	11,1									
224					li	15,7	11,7									
224					re	16,3	11,7									
227					li	15,2	10,2									
227					re	15,0	10,6									
230					re	11,5	7,7									
245					re	15,3	10,6									
247a					li	14,5	9,9									
247a					re	14,7	9,3									
249					re	14,4	9,3									
251M					li	13,9	9,7									
256					re	15,7	10,8									
257a					re	15,9	10,5									
258					re	15,7	10,1									
268					li	16,3	11,5									
269					li	12,8	9,1									
270					li	15,9	11,1									
270					re	16,0	10,6									
275					li	15,1	9,9									
307					li	14,8	10,2									
307					re	15,4	10,0									
308a					re	12,6	8,8									
310					li	12,8	8,9									
312					li	14,6	9,7									
312					re	14,5	9,6									
317					li	14,4	10,8									
317					re	14,6	10,6									

[illegible]







218			+	re	136,3	45,0	27,9	15,9	8,2	26,6	17,2								
224			+0	re	152,0	27,7	19,8	16,0	10,9	27,3									
226			+	li	136,5	26,0	18,4	14,1	10,2	26,7	17,6								
226			+	re		25,9	18,3	14,3		26,7									
227			+	li		23,9	16,9	14,0	8,9										
227			+	re	132,3	23,5	16,8	14,1	9,1	25,1	17,1								
231			+	li	122,1	23,3	16,7	12,2	9,5	24,8	16,2								
231			+	re		23,3	16,7	12,3	9,7										
245			+	li	140,1	26,0	18,9	14,2	10,4	27,0	18,2								
247a			+	re	123,7	23,1	17,3	11,3	8,7	23,4									
247b			+	li	142,5	23,6		12,1	9,6	25,3	17,4								
247b			+	re					9,5	25,4	17,4								
248			+	li		23,6		12,2	9,4										
251M			+	re	142,1	23,9	17,7	13,2	9,4	24,5									
251F			-	re		14,8	10,1				66,0								
252			-	re	133,8	24,9	17,7	12,2	9,0	25,8	15,3	118,2	25,3	15,9					
254			+	li	137,2			12,2	9,0		17,1								
256			-	li			18,1	12,3	8,8			117,2	25,4	16,1					
257a			+	re	137,8			12,8	10,0	25,9	17,9								
260			+	li		23,2	17,4	13,3	9,1	25,6									
260			+	re	141,6	23,2	17,7	13,6	9,1	25,6	16,2								
261			+	re	145,1				12,4										
265			-	re				9,4	7,4			92,0	20,5	12,2					
266			-	re				11,4	8,2										
267			+	li					10,3	26,6	18,2								
268			+	li	136,7	26,5	18,8	16,3	10,2	27,4	17,6								
268			+	re	137,1	26,9	19,0	16,5	10,5	27,6	17,8								
271			+	li	133,5	23,2	17,1	12,1	8,9	24,7	16,7								
272			+	li	131,6	22,4	16,7	12,4	7,9	23,4	16,2								
272			+	re		22,9	16,9	12,6											
273			+	li		25,4	19,6	14,3	9,8	28,4									
273			+	re	143,5	25,7	19,2	13,9	9,8	28,0	18,3								
276			+	li	117,4	24,1	17,8	12,3	9,2	25,2	17,1								
279			+	li	140,0	26,2	18,9	13,3	9,7	26,9	18,6								
279			+	re		26,2	19,1	13,3	9,4										
283			-	li	100,8	22,0	16,0	10,2	7,6			88,0	22,1	14,3					
283			-	re	100,7	22,0		10,1	7,7	22,9	13,8	88,1	22,1	14,1					
284			-	li	98,7			10,2	7,1			86,4	21,7	12,5					
285b			+	li		25,1	17,9	14,1											
285b			+	re	137,5	25,3	17,8	14,0	10,4	26,7	17,8								
287			+	li		22,9	16,3	12,1	9,5										
287			+	re	141,1	23,1	16,3	12,2	9,4		16,6								
291			+	li	133,6	25,3	17,9	13,5	10,1	25,2	17,8								













Phalanx 1		proximal														J1 J2 J3						
Tiernummer																						
1	anterior																					
1	anterior																					
1	anterior																					
1	anterior																					
1	posterior																					
1	posterior																					
1	posterior																					
2	anterior																					
2	anterior																					
5	anterior																					
5	anterior																					
5	posterior																					
5	posterior																					
5	posterior																					
5	posterior																					
6	anterior																					
6	anterior																					
6	posterior																					
6	posterior																					
6	posterior																					
6	posterior																					
7	anterior																					
7	anterior																					
7	anterior																					
7	posterior																					
7	posterior																					
7	posterior																					
7	posterior																					
8	anterior																					
8	anterior																					
8	anterior																					
9	anterior																					
9	anterior																					
9	anterior																					
9	anterior																					
12	posterior																					
13M	anterior																					
13M	anterior																					
13M	anterior																					
13M	anterior																					
13M	posterior																					
13M	posterior																					
14	posterior																					
15	anterior																					
15	posterior																					
15	posterior																					
17	anterior																					

[illegible]

40	anterior		+		35.9	13.3	10.7	12.2												
40	anterior		+		35.8	13.2	10.5	12.1												
40	anterior		+		36.3	13.8	10.9	12.4												
41M	anterior		+		32.5	11.0	8.6	10.8												
41M	anterior		+		32.7	11.1	8.8	10.8												
41F	anterior		-																	
42	anterior		+		36.0	13.9	10.6	12.5							15.1	7.3				
42	anterior		+		36.1	14.3	11.1	13.0												
42	anterior		+		36.6	14.2	11.3	13.2												
42	anterior		+		36.1	13.5	10.7	13.2												
42	posterior		+		36.0	13.5	10.3	11.7												
42	posterior		+		36.8	13.3	10.0	11.3												
42	posterior		+		36.8	12.9	10.2	11.4												
47	posterior		+0		39.7	11.8	9.5	10.8												
48	anterior		+		40.4	14.2	11.4	12.6												
48	anterior		+		41.1	15.3	11.6	13.1												
48	posterior		+		40.1	14.2	10.7	11.4												
49M	posterior		+		36.1	11.3	9.5	10.3												
52	anterior		+		36.7	14.3	11.4	12.6												
52	anterior		+		36.8	13.4	11.3	12.6												
52	anterior		+		37.1	13.9	11.4	12.7												
53	posterior		-		34.2	11.9	8.7	10.7							29.7	10.4				
55	posterior		+		33.7	12.2	9.4	11.0												
58	anterior		+		33.2															
59	anterior		+		39.1	13.8	10.9	12.7												
59	anterior		+		39.3	14.1	11.1	13.1												
60	anterior		+0		34.6	12.5	9.5	11.3												
60	anterior		+0		34.6	12.0	9.5	11.2												
61	anterior		+		35.6	12.2	9.9	11.6												
61	anterior		+		36.0	12.8	10.2	11.7												
65	anterior		-				8.5	8.8							18.8	9.2				
65	posterior		-				7.4	8.2							18.9	8.3				
68	anterior		-				8.1	8.6							18.8	9.3				
68	anterior		-				8.1	8.7							19.1	9.5				
68	posterior		-		21.9	9.8	7.5	8.1							19.6					
70	anterior		+		33.6	12.7	9.8	11.9												
74	anterior		+		35.2	13.7	10.3	12.4												
74	anterior		+		34.2	13.3	10.5	12.1												
79	anterior		-				7.4	8.2							17.6	8.3				
80	anterior		+0		35.7	12.4	9.6	11.5												
80	anterior		+0		35.3	11.9	8.9	11.6												
84	posterior		+		34.0	12.6	9.4	11.2												
84	posterior		+		34.4	11.8	8.9	11.1												

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]





[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]



[illegible]

[illegible]













## **E.2. Maße Hund**

	Schädel		64	133	145	169	172	175	187	234	274	296a	329
	Messstrecke	Tiernummer											
1								181,0					
2								171,6					
3								161,3					
4													
5													
6													
7								88,1					
8								93,0					
9								102,1					
10													
11													
12								76,8					
13													
14													
15				54,3				63,8	62,0	63,8	60,1		
16			18,3	14,6				15,8	16,3	19,4	16,6		16,6
17				42,0		41,6	43,5	46,1	50,9	48,9	48,8	46,8	
18a			15,8	15,6						18,0	15,0		
18b			9,9	9,5						10,3	12,3		
19									17,7				
20a			11,5	10,8	13,0	11,6			11,9	9,6			12,4
20b			13,2	13,3	14,2	13,7	13,5		14,8	14,2	6,7		13,7
21a			7,0							6,9			7,2
21b			10,1							9,5			9,5
22													
23				57,9				61,7	62,7		67,1		
24			49,5						60,8		65,4		
25			32,1	30,7					35,7		38,3		
26			54,9	44,4				55,4	56,4		51,7		
27			18,4	15,7					18,2		17,8		
28			16,5	15,8					16,4		16,6		
29			49,7	53,6									
30													
31			31,7	33,7					36,2				
32				46,2					55,5				
33									38,7				
34									60,5				
35								30,3	36,2			34,3	
36								32,5	37,0				
37									29,8				
38			53,2						55,4				
39			51,7						52,0				
40			41,3	39,0					41,8		44,4		

Mandibula		Messstrecke																						
Tiernummer	Seite	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13a	13b	14	15a	15b	16a	16b	17	18	19	20
64	li								68,4		33,4			19,3	7,2	18,2	9,3	6,3						20,1
64	re								65,0		32,8			19,3	7,6	18,4			4,8	4,0				
72	li				88,5	82,7	89,0	58,8		53,1	26,6		27,3			16,2								
72	re													16,8	6,8	16,2	6,4	3,5					13,6	13,0
92	li								74,4		36,3	39,2			22,9	9,1								
95	li																					24,4		
95	re																					24,6		
98	li					79,1		55,7	53,6		25,3	28,5				16,1							15,0	
111	li								59,9	55,9	27,6	31,1			16,5	6,9							15,1	14,1
117	re	64,0	62,0	60,6	54,8	52,0	53,6																	
128a	li					42,3	40,9																	
133	li					104,8		105,5		60,1		30,1	30,2		18,6	7,7	16,7					46,1		
145	li																					56,1	23,5	
169	li			114,4			98,0		67,8	62,1		32,5	31,2			19,1						22,4	16,4	
169	re														20,0	7,6								
172	li												29,1			18,3							21,7	16,7
175	li							74,4																
175	re		129,6	124,5		105,9	111,3		70,9	65,7	33,8	37,0	32,3			20,4							22,7	17,8
187	li							77,1	73,0	67,7	33,5	39,6	35,1	20,3		19,6							21,5	17,8
225	re	82,5	80,9	79,0	69,7	66,7	68,4	32,4																
234	li								70,8	66,7	34,5	36,9	32,7	21,2		20,6							22,8	18,1
274	li	138,6	138,9	130,5	121,7	112,6	121,0	77,7	72,0		35,6	38,2	34,5	21,9		22,0						58,6	21,1	18,3
296a	re	134,4	133,1	126,5	116,1	108,3	115,3	74,7	68,7	63,7	32,9	37,2	25,4			19,2					11,8	57,9	21,1	17,2
298	li																					29,4		
329	re				90,2	86,7	89,9				33,1	32,4	28,2			19,8						39,4	17,5	14,4



Atlas														
Tiernummer	corpus			dorsal	1	2	3	4	5	6				
64							34,1							
92					68	34,1	37,5	30,2		25,9				
98					52,5	26,2								
111							33,9							
133					65,5	31,5	33,6	27,3		23,4				
175		+				36,3	34,4	28,7	16,9	24,0				
187							37,1							
234					76,5	36,0		28,9	16,7	28,5				
274					79,2		39,3	32,1						
Axis														
Tiernummer	corpus	dorsal	dens	caudal	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	J1	
64			+	+	42,0	45,3	25,1	26,7		17,5	15,4	32,1		
72			+	+	36,1	36,8	20,0	21,4		15,3	12,4	25,5		
75			+	+		51,8	28,6			21,6				
92		-	-	-			28,7							
96		+	+	+	30,0		20,0			14,9	11,4	24,6		
98		+	-	-		33,9		22,3		14,9				
100		+	+	+	44,3	44,5	27,6	26,2		19,7	16,1	32,3		
111		+	+	+	36,0	38,7	24,9	23,6	30,4	17,7	13,3	29,4		
133		+	+	+	40,6	51,6	25,6	26,2	32,9	19,7	14,7	30,3		
172		+	+	+		47,8	26,2	29,2			15,1	31,6		
175		+	+	+	43,8	47,1	28,1			20,7	16,3	32,6		
187		+	+	+		51,7	28,3	30,8			17,0	34,8		
234		+	+	+	47,0	51,0	28,4	31,2				34,4		
274		+	+	+	46,4	59,8	30,8	32,1			18,2	35,7		
296a		+	+	+	48,3		28,1	29,5		20,8	16,1	34,9		
301		+	+	+	29,7	31,4	18,7	19,8		14,0	11,5	23,7		
329			-	-		32,5	25,3	23,2	25,9	19,0	14,4	28,5		
Sacrum														
Tiernummer	cranial				A1	A2	A3	A4						
10		+				38,2		25,5						
75		+				51,0								
92		-						23,0						
111		+			35,0	28,0	36,0	18,6						
133		+			36,5	28,6	40,0	21,9						
135		-					36,2							
263		+						18,0						
274		+			40,9	33,8	46,7	23,8						
301		+				22,8		14,1						
325		+				22,4								
Scapula														

Terminnummer	Tuber	Seite	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	J1	J2	J3	J4	J5
64	+	li						23,0	14,4					
64	+	re					24,7	22,4	14,3					
72	+	re						17,4	12,0					
77	-	re										13,4		
92	+	li	105,4			23,0	27,4	24,2	16,1					
94	+	li				21,4	24,7	21,7	15,3					
94	+	re		110,5		21,1								
96	+	li				13,6	17,1	15,6	11,2					
96	+	re					17,1	15,6	10,7					
98	+	re					19,1	16,7	11,4					
99	+	re	107,8	104,9		21,0	25,3	22,7	15,4					
100	+	li				22,7	26,0	23,5						
108	+	li	119,1			22,7	26,8	23,9	16,6					
108	+	re					26,8	23,6						
111	+	li	104,0			17,6	23,1	22,2						
118	-	re			26,1	13,6				40,1		14,0		
128a	-	li				7,5							5,3	
128a	-	re				6,9				27,2		8,2		
128b	-	li				6,8				27,0	25,6	7,9		5,0
133	+	li	113,8			20,8			15,9					
133	+	re					24,6	22,6	15,9					
172	+	li	112,9	106,1		20,7	23,6	21,6						
175	+	li	115,3			21,9	29,5	23,4	15,7					
175	+	re	111,8				28,6	23,9	16,1					
187	+	li				24,4	27,7	24,1	17,4					
187	+	re				25,0	27,4	24,2	17,3					
200	+	re					28,3	25,0	17,6					
225	-	re				14,4				51,6	50,6	16,9		
234	+	li					28,0	24,8						
234	+	re	128,5											
239	+	li	124,2	119,7		22,2	25,9	23,5	16,2					
274	+	li	138,0				29,8	26,5	19,0					
274	+	re	134,8		72,5		29,6	26,6						
288	-	re				13,6						15,5		9,6
295	+	re				20,2	25,2	22,1	14,8					
296a	+	li				22,3	27,1	23,3	16,3					
296a	+	re	123,4			22,9			16,4					
301	+	li					16,9	14,7	10,4					
301	+	re					17,0	14,9						
311	-	re				6,1				19,3	18,9	6,4		3,6
328a	+	li												
329	+/-	re	83,9	87,3		19,8	23,6	22,4	14,0					

Humerus		Caput	Tuberculum	Trochlea	Epicondylus	Seite	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	J1	J2	J3	J4	J5	J6
10				+	+	li					13,2													
57a	-	-	-	-	-	li					5,9									39,4	8,8			11,0
64	+	+	+	+	+	li	137,3	134,3		31,7	10,2		18,1											
64	+	+	+	+	+	re	139,1	133,6	24,6	31,5	10,2	26,3	17,7											
72	+	+	+	+	+	li	116,5	114,6	20,0	26,2	8,0	20,8	14,2											
72	+	+	+	+	+	re	116,4	113,2	18,9	26,1	8,2	21,0	14,6											
75				+	+	li					12,9	29,5												
75				+	+	re					12,8	30,0												
77	-	-	-	-	-	re					6,6									55,1	17,9	16,7		
91	-	-	-	-	-	li							17,4											
92	-	-		+	+	li	149,4	145,9	27,0	38,2	10,0	30,7	20,3						140,9					
92	-		+	+		re						30,4	20,4											
94	+		+	+	+	li	138,4	133,6		35,0	11,6	27,6												
94	+	+	+	+	+	re	138,8	134,3		34,3	11,9	28,1												
96	+0	+	+	+	+	li	103,9	100,8		22,3	6,8	20,4												
98	-	-	-	+	+	li		101,8		23,3	7,7	20,7	13,4						96,9			19,6		
98	-	-	-	+	+	re					7,7													
100	+	+	+	+	+	li	138,5	133,1		35,3	10,6	29,3												
103				+	+	li						24,5	17,0											
108	+	+	+	+	+	re				36,3														
111	+0		+	+		li	127,0	121,2	22,3	31,3	9,3	26,0	17,9											
111	+0		+	+		re	127,0	123,0			9,1	25,8	17,7											
118	-					li					4,5									28,0	7,2	10,5	10,0	
118	-			-		re					4,5									27,6	6,8	10,5	10,0	
128a	-	-	-	-	-	li					3,9											10,0		
128a	-	-	-	-	-	re					3,9									32,0		10,0	11,2	
128b	-	-	-	-	-	li					4,4											11,2		
128b	-	-	-	-	-	re					4,4											11,2		
133	+0		+	+	+	li	132,2	128,2	24,9	33,3	10,6	27,6	18,9											
133	+0		+	+		re	133,6	129,1	26,3	32,8	10,9	27,5	19,7											
135	-	-	-	-	-	li					11,8													
135	-	-	-	-	-	re							21,0											
145	+0	+	+			li				37,1														
146a	+0	+	+	+	+	li	163,8	158,7		40,4	12,8	31,4												
146a	+0	+	+	+	+	re				40,9	12,9													
172	+	+	+	+	+	re	139,5	134,4		33,4	11,0													
175	+	+	+	+	+	li		150,6			12,2	29,7												
175	+	+	+	+	+	re				37,0														
187	+	+	+	+	+	li	155,6	150,3		37,9	11,9	32,0												
187	+	+	+	+	+	re	155,3	150,4		37,8	11,9	31,6	11,7											
188	+					re																		







Os coxae																						
Tiernummer	Acetabulum	Tuber coxae	Symphyse	Seite	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	J1	J2	J3	J4	J4	J4	J4				
10	+	+/-		li						18,5	9,0											
75	+	+		li						17,7	8,4											
77	-	-		li						9,0	5,0											
77	-	-		re						9,0	4,9											
91	-	-	-	li	94,6				19,1	16,4	8,6		54,2		42,7							
91	-	-	-	re					19,4	16,4	8,6											
95	-	-	-	re						8,4	5,2											
103	+	+/-		li	113,6				16,0	13,3	6,4											
111	+	+		li					19,0													
128a	-	-		li						5,3	3,0											
133	+	+	+/-	li	121,2				18,9	14,7	7,3											
133	+	+	+/-	re					18,6	15,1	7,2											
135	+/-	-	-	li	121,5				22,7	18,0	9,4											
135	+/-	-	-	re					22,1	18,3	9,3											
172	+	+		li						16,3	8,2											
187	+	+		re						18,1	8,5											
225	-	-	-	li						10,9	5,6											
225	-	-	-	re									35,0		26,8							
234	+	+		re					20,6	18,4	9,9											
263	+			re						15,3	6,5											
274	+	+	+/-	li	146,5				22,8	20,2	9,7											
288	-	-		li						10,2	5,4		33,4									
301	+			re						12,0	5,1											
311	-	-		re						4,1	2,2		11,4									
328a	+			li					19,2	17,0	7,6											
328b	+	+		li					21,3	17,2	7,9											
Femur																						
Tiernummer	Caput	Trochanter	distal	Seite	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9
10	+	+	+	li	185,1	184,6	36,2	19,2	13,4	33,1												
64	+	+	+	li		155,2	30,6	15,5	11,6	26,1												
64	+	+	+	re						25,8												
75	+	+	+	li	177,7	177,7	33,8		12,6													
75	+	+	+	re						29,6												
77	-	-	-	re					7,0							60,1		9,1				
91	-	-	-	li		131,3		15,8	10,7	26,2						120,5	26,7	14,1	18,7			
92	-	-	-	li		164,5		18,2	11,7	29,7						150,5						
92	-	-	-	re					11,5	29,8						150,7						
95	-	-	-	re					6,7							55,3		7,8	12,5			
103	+	+	+	li	146,3	146,3	29,1	13,4	10,3	23,1												
103	+	+	+	re						23,2												
111	+/-	+	+	li		142,3	27,6	14,7	10,5	24,0												























[illegible]

200		anterior	Hauptstrahl	+	15,6	7,4	5,0	7,5												
200		anterior	Hauptstrahl	+	16,2	7,8	4,8	7,6												
200		anterior	Hauptstrahl	+	16,0	7,4	4,9	7,6												
200		anterior	Hauptstrahl	+	15,5	7,7	5,6	7,7												
200		anterior	Nebenstrahl	+	11,8	7,4	5,8	7,3												
200		anterior	Nebenstrahl	+	12,2	7,6	5,8	7,4												
229		anterior	Hauptstrahl	+/-			4,1	6,0	13,8	5,4										
229		anterior	Nebenstrahl	+/-	12,2	6,3	4,2	5,7												
274		anterior	Hauptstrahl	+	18,3	7,5	5,5	7,9												
274		anterior	Hauptstrahl	+	17,8	7,3	5,3	7,7												
274		anterior	Hauptstrahl	+	17,9	7,2	5,5	7,7												
274		anterior	Hauptstrahl	+	18,3	7,4	5,3	7,9												
274		anterior	Nebenstrahl	+	13,8	7,8	6,4	7,6												
274		anterior	Nebenstrahl	+	14,0	8,0	6,1	7,5												
274		anterior	Nebenstrahl	+	14,0	7,7	5,9	7,1												
274		posterior	Hauptstrahl	+	19,8	7,4	5,1	7,3												
274		posterior	Hauptstrahl	+	19,4	7,5	5,3	7,5												
274		posterior	Nebenstrahl	+	14,9	8,0	6,0	7,6												

### **E.3. Maße Rind**

Schädel		Messstrecke																
Tiernummer		25	26	27	28	29												
195		229,6	104,0	162,7	35,4	37,6												
Mandibula		Messstrecke																
Tiernummer	Seite	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15a	15b	15c
44	re	215,4	223,5			138,6								88,5				24,4
81	li																	18,2
191	li																	17,4
259	re									58,2		58,0					43,3	26,2

Axis																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Tiernummer	corpus	dorsal	dens	caudal	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	J1	J2	J3	J4	J5	J6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
19			+/-	-			67,4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

289		-	-		li	178,2				19,8	49,4	31,0		148,7	45,1	28,4	46,5	30,4					
297																							
289		-	-		re					20,2				147,1	46,4								
Ulna																							
Tiernummer		Tuber	distal		Seite	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	J1	J2									
51		-			li			30,0	33,6	23,8				23,1									
78		-	-		re				34,7	26,2				24,0									
81		-			re			36,3	36,5					25,2									
143		-	-		re			36,8		31,7				35,1									
144		-			li			34,3	35,6					26,2									
144		-			re					26,2													
259		-	-		re			36,9	40,1	33,6				32,2									
289		-	-		li			33,0	36,4	28,5				23,7									
289		-	-		re			32,5	35,7	28,6				22,7									
Os carpal II+III																							
Tiernummer					Seite	A1	A2																
45					re	27,4	24,5																
259					li	25,1	26,2																
259					re	25,4	26,0																
Os coxae																							
Tiernummer		Acetabulum	Tuber coxae	Symphyse	Seite	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	J1	J2	J4	J4							
44		-	-	-	li						19,6	12,1											
51		-	-	-	li		40,9		7,4		18,9	11,0											
81		-	-		re						21,5			121,6									
146b		-			re										123,4								
289		-	-	-	li		51,1				20,3	11,9		120,4	102,0								
289		-	-	-	re									100,9									
Femur																							
Tiernummer		Caput	Trochanter	distal	Seite	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9
44		-	-	-	li				30,2														
45		-	-	-	li					22,4													
45		-	-	-	re				39,1	21,6	72,6	98,4	84,4	38,1			230,4	60,5		64,9			
51		-	-	-	li				27,9														
51		-	-	-	re				27,5														
146b		-	-	-	re					18,2								1700	50,5	30,0			
289		-	-	-	li													52,9	29,0				
289		-	-	-	re					18,7							1820						
Patella																							
Tiernummer					Seite	A1	A2																
19					li	43,9	31,6																
51					re	30,7	27,6																
81					li	29,2	21,1																
191					ind.	24,0	16,3																

[illegible]

[illegible]



51	anterior	-			35,2	16,0	14,1	16,1		28,8	15,7								
51	posterior	-			36,5	16,9	14,5	15,8		30,3	16,1								
51	posterior	-					14,0	16,2		31,9	16,0								
51	posterior	-			37,5	16,7	13,9	15,7		32,1	16,1								
78	posterior	-					16,4	17,7		33,0	17,6								
143	anterior	-								40,0	18,6								
143	anterior	-					16,8			39,5	18,5								
144	anterior	-			39,8	19,5	16,7	19,5		34,1	18,4								
144	anterior	-					16,5	19,0		32,4	18,1								
191	indet.	-			38,2	18,1	16,0	18,0		32,2	17,2								
259	anterior	-			46,0	21,0	16,6	19,4		37,4	19,9								
259	anterior	-			46,2	20,7	16,0	18,7		37,8	19,1								
259	anterior	-			46,1	21,0	16,5	19,3		37,7	20,1								
259	posterior	-			49,1	20,8	16,6	19,4		40,4	19,6								
259	posterior	-			48,5	20,3	16,2	18,4		39,9	19,0								
289	anterior	-			40,0	18,6	16,3	18,4		34,7	17,8								
289	posterior	-			42,3	18,2	15,5	17,6		36,8	17,5								
289	posterior	-			42,1	18,8	16,5	18,6		36,4	17,9								
<b>Phalanx 2</b>																			
<b>Tiernummer</b>																			
45	anterior	-			36,5	22,2	17,3	18,4	31,3	20,2									
143	anterior	+/-			31,7	20,9	15,1	17,0											
143	anterior	+/-			31,9	20,8	15,6	17,5											
144	anterior	-			28,7	19,2	15,7	17,3	26,3	18,8									
191	indet.	-					14,3	15,4	24,0	17,4									
259	anterior	+/-			30,2	20,8	15,8	16,8	26,9	19,6									
259	anterior	+/-			29,5	20,9	16,0	16,6											
259	posterior	+/-			31,4	20,4	15,3	16,9											
259	posterior	+/-			30,9		15,4	17,0											
259	posterior	+/-			32,4	20,8	15,8	17,3											
289	anterior	-					15,3	16,2	27,5	18,1									
289	posterior	-					14,6	16,2	27,9	17,5									
<b>Phalanx 3</b>																			
<b>Tiernummer</b>																			
45	anterior				48,9	37,3	29,0	17,9											
45	anterior				44,7	37,4	29,2	16,3											
78	indet.				34,9	30,2	24,8	13,0											
78	indet.				35	29,6	24,2	13,3											
143	anterior				46,8	36,3	29,6	16,0											
143	anterior				43,8	34,1	26,1	15,5											
143	anterior				46,7	36,3	28,9	16,3											
144	anterior				36,7	29,5	23,6	13,9											
144	anterior				37,7	31,5	25,7	14,8											



## **E.4. Maße Katze**

Mandibula		Messstrecke																						
Tiernummer	Seite	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10													
122	li	63,0	59,3	57,2	53,9	21,3	7,9	7,4	27,7	11,5	10,0													
Atlas																								
Tiernummer		1	2	3	4	5	6																	
130		32,4	17,9	23,4	16,7		14,1																	
Axis																								
Tiernummer	corpus	dorsal	dens	caudal	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	J1											
122			+		27,0	27,2	15,2	15,6	16,3	11,0	9,6	21,8												
130			+	+/-	22,8	20,1	10,3	13,7	15,5	11,1		19,8												
Sacrum																								
Tiernummer		cranial																						
122			+		A1	A2	A3	A4																
					30,7	27,2	26,6	11,8																
Scapula																								
Tiernummer	Tuber	Seite	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	J1	J2	J3	J4	J5										
119	-	re				6,9				23,1		7,7												
122	+	li				12,1	14,0	12,5	9,0															
122	+	re					13,6	12,5	9,2															
130	+	li				13,1	15,3	13,6	9,7															
130	+	re	63,9			12,7	14,2	13,7	9,3															
302	-	li				11,7					8,5	13,7												
Humerus																								
Tiernummer	Caput	Tuberculum	Trochlea	Epicondylus	Seite	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	J1	J2	J3	J4	J5	J6	
112	-		-		li			10,2	14,2															
112	-		-		re					4,5										59,3	9,0	12,7	12,3	
113	-		-		li					5,3											10,1	13,3		
114	-		-		re					4,8											10,2	13,4		
114	-		-		li					4,8										60,2	10,3	13,4	13,8	
122	+		+		re	107,6	106,4	16,1	19,9	7,3	18,2	13,5												
122	+		+		li	107,3	105,6	16,2	20,1	6,0	18,1	13,4												
130	-		+		li	93,4	91,6	15,7	20,7	6,6	18,3	14,2												
130	-		+		re	93,3	91,1	16,9	21,2	6,4	18,5	13,6												
134	-		-		li			8,0		5,5										56,6	9,1	12,4	14,4	
304			-		li						14,0												14,2	
304			-		re					4,8	13,9												14,2	
Radius																								
Tiernummer		proximal	distal	Seite	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	J1	J2	J3	J4	J5	J6							
122		+	+	re	102,4	8,0		5,8	5,7	12,1	7,5													
130		+	-	li	85,0	7,0			4,6	13,1	8,4					10,8	8,8							
134		-	-	li					3,7	10,0	6,4			52,5	6,6	4,2	9,1	6,6						
304		-	-	li										59,4	6,1	8,9								
304		-	-	re										59,5	6,0									
Ulna																								

Tiernummer	Tuber	distal	Seite	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9			
112	-	-	li					7,9	62,7	5,9												
114	-	-	li				9,9	7,2		5,4												
114	-	-	re				9,7	7,3	60,6	5,3												
122	+	+	re	119,5	13,2	9,4	11,3	10,2														
130	-	-	li			9,6	10,7	9,3	95,0	9,9												
134	-	-	li			7,3	8,6	6,8	62,2	6,5												
304	-	-	li			8,5	9,7	8,1														
304	-	-	re			8,6	9,3	7,9														
<b>Os carpi internomedioradiale</b>																						
Tiernummer			Seite	A1																		
130			li	11,9																		
304			li	10,3																		
<b>Os coxae</b>																						
Tiernummer	Acetabulum	Tuber coxae	Symphyse	Seite	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	J1	J2	J4	J4							
56	+0			li					11,9													
56	+0		re						11,8	9,8	4,8											
114	-	-	re							8,1	3,8											
122	+		li						11,8													
134	-	-	li							8,4	4,0											
134	-	-	re							8,0	3,7											
<b>Femur</b>																						
Tiernummer	Caput	Trochanter	distal	Seite	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9
56	-		-	li				9,5	6,6	17,5									12,2			
56	-		-	re				9,4	6,7	17,8												
114	-		-	li					5,6	14,1				62,1	12,7	6,6	12,8					
114	-		-	re					5,3	14,3				61,4	12,4	6,7	12,8					
115	-		-	li					6,3	15,8				64,5	13,6	7,2	12,6					
115	-		-	re					6,4					64,2	13,3	7,2						
122	+		+	li		120,1	20,5	10,0	9,0	19,0												
122	+		+	re						19,0												
130	-		-	li					7,8	18,7				91,6	18,3	8,7	13,9					
134	-		-	re		68,0	7,7		5,9	14,9				61,7	12,7		12,1					
302	-		-	li						19,1												
302	-		-	re					6,5	19,3												
<b>Patella</b>																						
Tiernummer			Seite	A1	A2																	
56			re	11,5	8,3																	
302			li	11,3	8,4																	
<b>Tibia</b>																						
Tiernummer	proximal	Crista	distal	Seite	A1	A2	A3	A4	A5	J1	J2	J3	J4	J5	J6							
56	-		-	li	99,5	18,1	6,1	14,1					89,6	14,9	10,8							
56	-		-	re		18,4	6,1	14,5														

112		-	li				5,1				63,6	13,4	9,6				
114		-	re				13,5	5,1			64,1	13,4	10,1				
115		-	li				5,6				67,1	13,7	11,5				
122		+	li	125,4	19,8	7,4	15,2										
122		+	re			19,7											
130		-	li				7,0					16,8					
130		-	re				7,0				100,0						
134		-	li	70,2	14,2	5,3	12,7				65,7		10,2				
134		-	re	70,5	13,7	5,3	12,8				65,3	13,2	10,2				
302		-	li		19,2	6,1											
302		-	re			6,3					91,9						
<b>Fibula</b>																	
Tiernummer		proximal	distal	Seite	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	J1	J2	J3			
115		-	li			56,9											
134		-	li			58,9											
134		-	re			58,8											
<b>Calcaneus</b>																	
Tiernummer		Tuber	Seite	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	J1	J2					
56		-	li	27,9													
115		-	li		10,8												
134		-	re	23,8													
<b>Talus</b>																	
Tiernummer			Seite	A1	A2	A3	A4	A5									
56			li	15,6													
56			re	15,8													
115			li	14,6													
115			re	14,8													
134			li	13,4													
134			re	13,7													
<b>Os tarsale IV</b>																	
Tiernummer			Seite	A1													
56			li	8,6													
56			re	8,6													
134			li	7,5													
<b>Metacarpus</b>																	
Tiernummer		distal	Strahl	Seite	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	J1	J2	J3			
114		-	I	re								7,2					
114		-	II	re				2,2				18,2	3,7				
130		-	II	li				3,7				42,3	5,3				
130		-	III	li				5,1				46,4	6,4				
<b>Metatarsus</b>																	
Tiernummer		distal	Strahl	Seite	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	J1	J2	J3			
115		-	II	li				2,7				28,6	4,7				

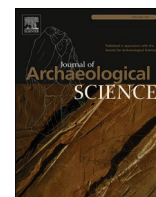


## **E.5. Maße Ziege**





F. A non-linear prediction model for ageing foetal and neonatal sheep reveals basic issues in early neolithic husbandry



# A non-linear prediction model for ageing foetal and neonatal sheep reveals basic issues in early neolithic husbandry

Nadja Pöllath<sup>a,b,\*</sup>, Ricardo García-González<sup>c</sup>, Sevag Kevork<sup>d</sup>, Ursula Mutze<sup>e</sup>,  
Michaela I. Zimmermann<sup>e</sup>, Mihriban Özbaşaran<sup>f</sup>, Joris Peters<sup>a,b,e</sup>

<sup>a</sup> Staatliche Naturwissenschaftliche Sammlungen Bayerns, Bayerische Staatssammlung für Anthropologie und Paläoanatomie, Karolinenplatz 2a, 80333, Munich, Germany

<sup>b</sup> ArchäoBioCenter, Ludwig-Maximilians-Universität München, Kaulbachstr. 37, D-80539 Munich, Germany

<sup>c</sup> Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC, Avenida Nuestra Señora de la Victoria, S/N 22700 Jaca, Huesca, Spain

<sup>d</sup> Lehrstuhl für Statistik und ihre Anwendungen in Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Institut für Statistik, Ludwig-Maximilians-Universität München, Ludwigstr. 33, 80539, Munich, Germany

<sup>e</sup> Institut für Paläoanatomie, Domestikationsforschung und Geschichte der Tiermedizin, Ludwig-Maximilians-Universität München, Kaulbachstr. 37, 80539, Munich, Germany

<sup>f</sup> Department of Prehistory, Istanbul University, Laleli, 34134, Istanbul, Turkey

## ARTICLE INFO

### Keywords:

Ovis  
Age estimations  
Foetal to infantile sheep  
Non-linear prediction model  
Ptolemaic-Roman Syene  
Early neolithic Aşıklı Höyük

## ABSTRACT

Traditional methods for estimating age-at-death of caprines are based on dental and epiphyseal fusion data and known to produce rather wide age intervals. In order to better interpret prenatal to early infantile mortality of sheep in prehistoric assemblages more precise age predictions are needed. We address this issue using a Generalized Additive Model (GAM) developed on humerus measurements of unborn and very young sheep of known age housed in modern collections. We then verify the resulting prediction model with the aid of a pregnant ewe and her foetus (*Ovis aries*) excavated in the Ptolemaic-Roman animal cemetery at Syene (modern Aswan, Egypt). Her condition illustrates that both the mother and her mature foetus must have died during birthing. Subsequently, we apply the model to humeri of very young archaeological sheep (*Ovis orientalis/O. aries*) unearthed at early Neolithic Aşıklı Höyük (Central Turkey). Both study cases underscore the practicality of our approach whilst illustrating the cultural and historical importance of precise age determinations in foetal, newborn and infantile sheep. Finally, we discuss the possible causes for foetal and neonatal mortality in sheep at Aşıklı Höyük.

## 1. Introduction

Traditional archaeozoological methods for estimating age-at-death in faunal assemblages largely rely on dental (e.g., Deniz and Payne, 1982; Greenfield and Arnold, 2008; Grant, 1982; Payne, 1973) and epiphyseal fusion data (e.g., Popkin et al., 2012; Silver, 1969; Zeder, 2006), more seldom on bone morphology and texture (e.g., Amorosi, 1989). The resulting kill-off patterns and demographic profiles are widely used for investigating subsistence strategies and economic decision-making (e.g., Payne, 1973; Vigne and Helmer, 2007), cultural and ritual practices (e.g., Pöllath and Peters, 2011) or the initial phases of the domestication process (e.g., Peters et al., 2014; Zeder, 2005). For these purposes, methods traditionally used by zooarchaeologists are

acceptable despite the comparably rough prediction intervals provided by them. However, when investigating an assemblage of fetuses and very young animals until the age of about six months and the possible causes of death it is crucial to know if these animals were aborted, stillborn, died shortly after birth or during the weaning period. In such cases fine-tuned age predictions are highly desirable. In present-day recordings, the earliest dental stage, Payne's (1973) stage A (the lower fourth deciduous premolar (Pd4) 'not yet erupted' to 'just worn'), comprises all animals until c. two months of age. Even if this stage can be narrowed down to six weeks after birth as proposed by Jones (2006), the large majority of very young animals would not further be differentiated since still classified into a single stage. Age intervals based on epiphyseal fusion are even wider than those based on dental eruption and wear. The

\* Corresponding author. Staatliche Naturwissenschaftliche Sammlungen Bayerns, Bayerische Staatssammlung für Anthropologie und Paläoanatomie, Karolinenplatz 2a, 80333, Munich, Germany.

E-mail addresses: [poellath@snsb.de](mailto:poellath@snsb.de) (N. Pöllath), [ricardogarciagonzalez15@gmail.com](mailto:ricardogarciagonzalez15@gmail.com) (R. García-González).

<https://doi.org/10.1016/j.jas.2021.105344>

Received 16 September 2020; Received in revised form 25 January 2021; Accepted 28 January 2021

Available online 23 March 2021

0305-4403/© 2021 The Authors.

Published by Elsevier Ltd.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

earliest long bone fusion stage in sheep defined by the complete fusion of the proximal radius ranges from the animal's birth to three months of age for the Rasa Aragonesa sheep of northern Spain (García-González, 1981) and up to between six and eight months based on historical data (Silver, 1969; see also the summary in Zeder, 2006).

In veterinary gynaecology and obstetrics, body measurements taken postmortem or on X-ray and ultrasound images are employed in order to estimate the stage of pregnancy and monitor foetal development in ewes (e.g., Ahmed, 2008; Godfrey et al., 2010; Greenwood et al., 2002; Habermehl, 1975; Santucci et al., 1993). These also include length measurements of limb bones (Ahmed, 2008; Greenwood et al., 2002; Habermehl, 1975; McDonald et al., 1977; Santucci et al., 1993). Based on diaphysis length measurements, the following authors developed equations allowing them to calculate the age of foetal sheep: Richardson et al. (1976) for the radius and tibia, Santucci et al. (1993) for the metatarsal and Greenwood et al. (2002) for the metacarpal. McDonald et al. (1977) combined length and breadth measurements with foetal weights to study the development in multiple foetus pregnancies. Other studies list length measurements of the diaphyses for major limb bones of fetuses aged between 45 and 131 days (Rajtová in Habermehl, 1975) and for the forelimb between 7 and 15 weeks after gestation (Ahmed, 2008).

Bone measurements are rarely used in archaeozoology to age foetal or infantile animal bones. One exception is Prummel (1988), who reviewed the regression equations developed by veterinarians for the four main farm animals, cattle, horse, sheep and pig. In the other two articles of the series, this author also gives an overview of the prenatal development of the skeleton of these four species and a guide to the taxonomic identification of foetal bones. Unfortunately, no differentiation between foetal and postnatal stages is provided (Prummel, 1987a, b). Another exception is Gillis et al. (2013), who for the first time based linear age prediction models for very young cattle on measurements. They demonstrated that breadth and depth measurements are particularly useful and reliable for some elements with up to 100% of the values within the 95% confidence interval (Gillis et al., 2013, Table 3).

Martín and García-González (2015) applied the age determination equations proposed by Richardson et al. (1976) and Santucci et al. (1993) to the radius, tibia and metatarsal but developed in addition osteomorphological criteria to distinguish foetal from neonatal sheep based on a series of foetal to adult skeletons of a single Spanish breed, the Rasa Aragonesa. These authors concluded that morphological criteria are more reliable than length measurements to perform such distinction.

Arguably, precise ageing of very young sheep from archaeological sites is of interest when addressing husbandry practices and health status in past livestock populations. An interesting case study is offered by the caprine remains excavated at early Neolithic Aşıklı Höyük (Central Turkey) dated between c. 8350 and 7300 BCE. In a first attempt we considered the morphological criteria as presented by Martín and García-González (2015). Unfortunately, many of these could not be applied since the relevant parts of the bones were not well enough preserved. Additionally, some features, e.g., in the humerus (Martín and García-González, 2015) are located on the distal epiphysis, which are very rare in our archaeological assemblage. Our findings agree with the results of Martín and García-González (2015) stating that length measurements are not helpful for age predictions when dealing with archaeological specimens, simply because complete bones are rarely preserved. As such, the aforementioned authors also consider the mid-shaft depth of a long bone (also termed the anterior-posterior breadth at mid-shaft), but with the Aşıklı finds this measurement can rarely be taken due to their pronounced fragmentation. Therefore, breadth measurements of the proximal and distal ends of the diaphyses for unfused bones and of the epiphyses in the case of fusing or fused bones seem to be the more appropriate option for archaeological materials. Additionally, early fusing elements are generally better ossified even in foetal and neonatal specimens, while diaphyses of late fusing elements are rarely preserved

sufficiently well to be measured, which applies to the corresponding epiphyses even more.

In the early Neolithic assemblage from Aşıklı Höyük (AH), the distal diaphysis of the humerus provided the largest usable dataset ( $n = 43$ ; for comparison radius:  $n = 22$ ). Since the distal breadth of the humerus was also among the most reliable measurements in the study of very young cattle by Gillis et al. (2013), our study develops a prediction model for the humerus of foetal and young lambs using modern reference material of known age and, in the case of foetal animals, for which the exact age was not recorded, calculated ages based on body weight (for the method see below). The outcome will be tested with a unique case of a mature foetus deposited in Ptolemaic-Roman Syene (present-day Aswan, South Egypt) and finally applied to the assemblage of very young animals from Aşıklı Höyük mentioned earlier. This study concludes by elucidating the causes of mortality in modern foetal and young lambs in order to better understand the problems faced by sheep breeders during the process of early caprine management and domestication at Aşıklı Höyük.

## 2. Gestation period and skeletal development in sheep

The gestation period of sheep is usually given with a range of 141–150 days on average (Diggins and Bundy, 1958; Geiger et al., 2018; Grunert, 1993; Haring, 1975). While this is based on modern breeds from temperate climates, gestation periods tend to be generally longer in indigenous sheep from subtropical and tropical regions (Legel, 1990). For example, the overall mean for three fat-tailed sheep breeds kept in three different production systems (nomadic, sedentary, transhumant) in the semi-arid and subtropical central valley of Pakistan is given as 160 days (Ibrahim et al., 2011). In former times, variation in gestation periods also seems to have been larger, i.e. between 136 and 160 days, as suggested by a study considering 16 breeds (Golf, 1933). The gestation period for feral Soay sheep, living in the extreme environment of the St Kilda archipelago, was found to be 148–155 days with a mean of 151.15 days (Jewell and Grubb, 1974). The same study also states that pregnancies last longer in ewes of late maturing breeds. In older ewes, gestation periods may also be longer than in young ewes (Haring, 1975).

Gestation time for wild sheep species is also decidedly longer as compared to improved domestic breeds mentioned above (see the overview in Geiger et al., 2018). Both the longest gestation period and the largest range for all wild sheep species has been reported in the presumed ancestor of the domestic sheep, the Asiatic mouflon (*Ovis orientalis*), with 150–210 days (Castelló, 2016). The duration seems somewhat exaggerated, though, since for most other related *Ovis* (sub-) species of the same region a range of 150–160 days is given by the same author, with the exception of the European mouflon (*Ovis aries musimon*), for which also a period of 150–210 days is stated. This contradicts most other published data on European mouflons mentioning gestation periods lasting 147–160 days (Pfeffer, 1967; Röhrs, 1986; Türcke and Tomiczek, 1982).

Regarding skeletal development of foetal sheep, the primary ossification centre in the humerus, which is located in the diaphysis, appears around day 40 after conception (Ahmed, 2008: 46 days; Harris, 1957: 42 days; Rajtová, 1972: 37 days). The secondary ossification centres in the different parts of the epiphyses begin to ossify from day 104 onwards (Harris, 1957). Two days before birth the diaphysis and the epiphyses are already well ossified (Rajtová, 1972). The growth of the humerus is fast in the first five weeks after birth and again between day 130 and 150 (Rajtová, 1974).

The dates proposed for epiphyseal fusion in limb bones vary between authors (Zeder, 2006: Fig. 4). For the distal humerus, the age of synostosis between the distal trochlea and the diaphysis ranges between 2 to 4 months (García-González, 1981) and 10 months (Silver, 1969). This large variation can be partly explained by the different breeds used for generating this kind of data. Another reason is that some authors consider the moment when fusion starts, others when it is completed; still others refer to the complete period of fusion. An example for the

latter is Rajtová (1974), who states that fusion of the distal humerus starts at 3–4 months and is finished at 9 months in Slovenské merino sheep. García-González (1981) studied a series of skeletons of the Spanish breed Rasa Aragonesa and defined that an epiphysis is fused when the epiphysis and the diaphysis do not separate even after boiling the bones for a few hours. During re-analysis of the same skeletons for this study, we observed that distal humeri start fusing at an age of 2 months and that the process lasts several months. Variation is considerable, though, since in a female individual aged 6 months the epicondylar sutures were still not fully closed, while in a male specimen of the same age no such sutures were visible anymore. This implies that in this breed, the fusion lasts four months in total and takes place between c. 2 and 6 months of age. In this light, it seems that the dates published by Silver (1969) refer to the end of the fusion process. In their study on unimproved Shetland sheep, Popkin et al. (2012) found that more than a quarter of the humeri were fully fused distally while the rest still had visible fusion lines at the age of seven months.

### 3. Material

#### 3.1. Definition of age groups

The age groups used in this study are: foetal = four weeks after conception until birth; perinatal = around birth, i.e., c. one week before and after birth; neonatal = from birth until four weeks of age, when lambs start to take solid food; infantile = from four weeks to five months (i.e., c. 42 weeks after conception) when the natural weaning process ends (Arnold et al., 1979); juvenile and subadult = between five months and four years; adult = four years and older.

#### 3.2. Modern reference collections

The data set compiled in the context of this study is based on the analysis of 140 modern sheep specimens from the following collections: Natural History Museum (NHM, London, UK), Historic England (HE, Portsmouth, UK), Field Museum of Natural History (FMNH, Chicago, USA), Instituto Pirenaico de Ecología (IPE, Jaca, Spain), Laboratório de Arqueociências (LARC, Lisboa, Portugal), Museum für Haustierrkunde “Julius Kühn” (MfH, Halle/Saale, Germany) and Staatssammlung für Anthropologie und Paläoanatomie, München (SAPM, Munich, Germany) (Table 1; Table S1). We initially included a variety of breeds and two wild forms of sheep primarily because it is necessary to base statistical analyses on the largest possible database. Indeed, as stated by other authors (Gillis et al., 2013; Prummel, 1987a), analyses based on

single breeds run the risk to produce narrow age estimates so that the predicted ages for prehistoric sheep, which possibly deviate in terms of body conformation and physiology from that of any specific modern breed, would be misleading. Since the methods include two main steps, i.e., one establishing body conformation types and another developing the prediction model, we recorded not only data for young animals for the second step but also juvenile to adult animals for the first step. Altogether we gathered the data of 2 foetal, 46 neonatal to infantile, 25 juvenile to subadult and 28 adult animals from modern reference collections (Table S1).

#### 3.3. Archaeological material

The incentive to detail the timing of age-at-death of very young caprines came up whilst analyzing a huge assemblage of sheep and goat remains from Aceramic Neolithic Aşıklı Höyük, Turkey (Table 1; Fig. 1). This site is the largest and best-studied settlement in central Anatolia dating to the initial phase of Neolithisation (Özbaşaran, 2012; Özbaşaran and Duru, 2018; Özbaşaran et al., 2018). Continuously inhabited from c. 8350 BCE until c. 7300 BCE, this site offers a wealth of data on architecture, material culture, human and animal diet, vegetation, subsistence strategies, and on the development of crop farming and animal husbandry, among others (for an overview see Özbaşaran et al., 2018). While hunting was still important for the subsistence of the inhabitants at the beginning of site occupation (Level 5), the management of caprines gained in importance from Level 4 (8350–8050 BCE) onwards, with sheep being the most important livestock species (Buitenhuis et al., 2018; Peters et al., 2018; Stiner et al., 2014, 2018). Thick layers of animal dung found inside the settlement indicate that caprines were penned for longer periods in or between the houses (Mentzer, 2018). Based on the development of the architecture and the structure of the settlement, the archaeological levels can be grouped broadly into three horizons, i.e. early [Levels 5–3], middle [Levels 2J–2D] and late [Levels 2C–2A] occupation. Almost the same numbers of specimens come from the middle (n = 18) and late horizons (n = 19) while one specimen dates to the early horizon and five specimens are unphased (Tab. S2). The scarcity of bones from the early levels is arbitrary owing to the fact that the earlier levels could not be included in the analyses yet. While the majority of bones from the middle and late levels belong to managed sheep (Buitenhuis et al., 2018), we consider bones of foetal to infantile animals to be almost exclusively being the offspring of those managed sheep since already the ewes were obviously kept confined within the settlement.

While bone preservation at Aşıklı Höyük is excellent overall, bones of

**Table 1**

Overview of modern and archaeological specimens analysed in this study (J.P. – Joris Peters; N. P. – Nadja Pöllath; U. M. – Ursula Mutze).

Modern	Breed	n=	Age	Analysis	Data acquisition
	Asiatic mouflon	female: 8; male: 8	adult	conformation type	N.P.
	European mouflon	female: 4; male: 4	adult	conformation type	Hijlke Buitenhuis
	Cameroon	female: 1; male: 1	adult	conformation type	N.P.
	Heidschnucke	female: 3; male: 1	subadult, adult	conformation type	N.P.
	Karakul	female: 3; male: 3	adult	conformation type	Hijlke Buitenhuis
	Leine	female: 3; male: 2	adult	conformation type	Hijlke Buitenhuis
	Manx	female: 1	adult	conformation type	N.P.
	Merina Branca, Merina Preta	female: 21; male: 5	adult	conformation type	Simon Davis
	Rasa aragonesa	female: 3; male: 2	adult	conformation type	N.P.
	Rhön	female: 3; male: 2	subadult, adult	conformation type	Hijlke Buitenhuis
	Rouge du Roussillon	female: 1; male: 1	subadult, adult	conformation type	N.P.
	Skudde	female: 1	adult	conformation type	Hijlke Buitenhuis
	Soay	female: 5; male: 6	adult	conformation type	N.P.
	Rasa aragonesa	26	foetal to infantile	conformation type, model	N.P.
	Welsh mountain	4	infantile	model	N.P.
Archaeological	Site	n=	Age	Analysis	
	Aşıklı Höyük	833	adult	conformation type	N.P., J.P., Hijlke Buitenhuis
		43	foetal to infantile	age prediction	N.P.
	Syene	32	adult	conformation type	U.M.
		1	perinatal	age prediction	U.M.





Fig. 1. Map showing the location of the archaeological sites of Aşıklı Höyük, Turkey, and Syene, Egypt.

young animals certainly witnessed greater losses also at this site since they are less well-ossified and therefore generally more prone to damages. These losses are, however, impossible to quantify. We excluded all specimens with damages to the distal end affecting the measurement of the Bd(Dia). At least nine specimens, which judging from their appearance most likely would fall into the foetal or newborn age classes, had to be omitted from the analyses due to damages.

In very young caprines, taxonomic identification to the species level is difficult and rarely possible, especially when dealing with fragmented archaeological specimens. In the humerus assemblage studied, we could assign only very few specimens to either sheep or goat. The remaining specimens were classified as unidentified caprines. However, sheep clearly outnumber goats throughout site occupation at Aşıklı Höyük, amounting to 80% of the taxonomically identified caprines. We can therefore safely assume that the vast majority of these very young caprines represent sheep as well. Moreover, since in *Ovis* and *Capra* foetal to infantile growth is rather similar (Sivachelvan et al., 1996), an occasional goat bone will not substantially distort the results presented below. Consequently, only those humeri that had been securely identified as pertaining to *Capra* were excluded. As a result a total of 43 unfused humerus remains were available for analysis (Tab. S2). Since these

come mostly from different contexts in different layers and squares the risk of including two humeri from one individual is small. The few specimens from the same context included in our analysis are either from the same body side or have rather different measurements and are therefore quite certainly from different individuals.

To test the suitability of our novel approach, we also considered a particular find situation in the Ptolemaic-early Roman animal necropolis at Syene/Upper Egypt (first half of the 2nd cent. BCE – end of the 1st cent. CE) as test case (Fig. 1 Map; Table 1, Table S2; Hepa et al., 2018; Mutze et al., 2021; von Pilgrim and Müller, 2013). One of the pits contained a ewe with her foetus still *in situ* (Fig. 2). Because the ewe had a deformed hipbone due to a healed fracture causing obstruction of the birth canal, the foetus got stuck during parturition, ultimately leading to the death of mother and offspring. Here we have a quite unique archaeological situation allowing us to determine the age-at-death of the foetus to the very day of birth. Even if the ewe may have survived somewhat longer, the foetus likely died rather quickly in the birth canal.

#### 4. Methods

##### 4.1. Species identification

Species identification of *Ovis* and *Capra* is based on Boessneck et al. (1964) and Zeder and Lapham (2010). The criteria used for humeri of foetal and infantile animals were mainly the position of the *foramen nutricium*, the shape of the *fossa olecrani* as well as the shape and position of the *epicondylus lateralis* (Boessneck et al., 1964: 65–66; Fig. 27).

##### 4.2. Data recording and treatment

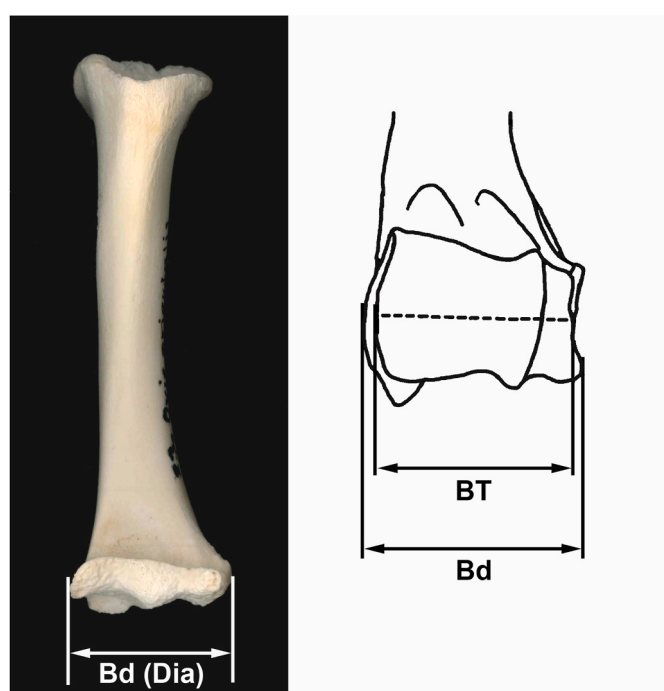
For the modern reference specimens, we noted the fusion status and measurements for all limb bones as well as dental data. We recorded the osteometric data following the protocol of Gillis et al. (2013), with minor differences in the naming of the measurements (e.g., Gillis' Bdunf = Bd(Dia), Bdepi = Bd(Epi)). In this study, we will focus on the breadth of the distal humerus, more precisely Bd(Dia) for unfused specimens and Bd for fused specimens, simply for the reason that at Aşıklı Höyük, only the dataset for the humerus proved large enough to perform this kind of analysis (Table S2; Fig. 3).

We considered specimens for which the age-at-death was known and two foetal animals for model development. For the latter two in the IPE collection (IPE 200a, IPE 200b), Martín and García-González (2015) calculated the gestation age based on body weight applying the equation given by Huggett and Widdas, 1951, which we adopted. The method of documenting the ages of animals varies between institutions. For foetuses, for instance, ages are usually given in days, while for lambs this is rarely the case, with the exception of the sheep curated in the collections of Historic England. Elsewhere the ages of sheep had been recorded in weeks, months and years. Whereas time windows in the order of one month are too coarse for foetuses and age-at-death expressed in days too fine-tuned for infantile animals, we decided to develop our model based on the age in weeks after conception for all modern individuals and set the duration of gestation to 22 weeks. Our approach would also account for the noise induced by the differences in gestation times reported in 'primitive' prehistoric sheep, historic unimproved lineages and modern improved breeds, for old and young ewes or for wild and domestic sheep (see above section 2). In graphs where the inclusion of adult animals was necessary, their maximum age was set to 230 weeks, i.e. 4 years, even if their true age was above this mark. This is because detailed profiles of animals above 4 years of age was considered unimportant for our purpose. The equation by Huggett and Widdas (1951) was used to confirm that two stillborn individuals in the HE collection (HE 4028, HE 4029) corresponded to fully mature foetuses.

We also recorded the sex of the animals but did not include this in the analyses since sexes are not distributed evenly over the age range. Additionally, since the data is composed of a mixture of breeds and given



**Fig. 2.** Photograph of a burial of a ewe and her foetus at Syene. Skeleton of the ewe outlined in black, the bones of the lamb in orange and its body in red. By courtesy of the Schweizerisches Institut für Ägyptische Bauforschung und Altertumskunde in Kairo (11/13, Sh. el-Shaer Aziz Abaza. Cairo 11211 (Zamalek), Egypt). (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the Web version of this article.)

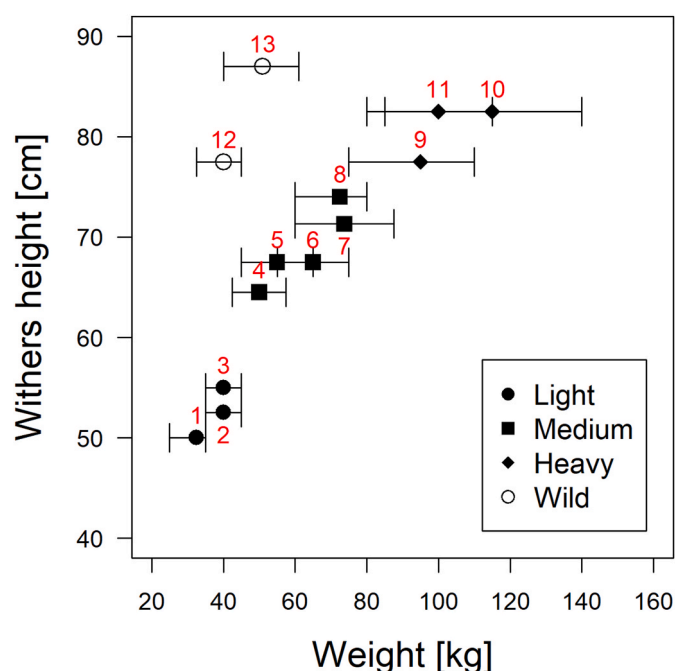


**Fig. 3.** Measurements defined on (a) the distal end of the diaphysis of unfused humeri and (b) the distal articulation of fused humeri.

that in domestic sheep sexual size dimorphism is relatively small (Polák and Frynta, 2009), possible differences in growth and size between sexes would be very blurred with the data at hand. As outlined above (see section 2), published fusion dates for the distal humerus range between 2 and 10 months depending on the mode they were recorded and the breed on which the study was based. Well aware of this range of variation, we decided to set the fusion of the distal end to 6 months after birth, which corresponds to 46 weeks after conception. In the following, this value will serve as a baseline.

#### 4.3. Classification of modern sheep breeds and archaeological populations

On first graphical inspection (Fig. S1), the broad range of the data becomes obvious. It is caused by the inclusion of data obtained from small-sized to very large and/or heavy sheep breeds in the reference collections. Not only does this make a grouping of the various breeds according to their physical appearance necessary, but equally important is that separate prediction models must be developed for each group. For the breeds in our dataset, published data on body weight and withers height were listed and used to classify them into conformation groups



**Fig. 4.** Diagram showing the conformation groups based on the weight and the height at the withers of different sheep populations; (1) Cameroon, (2) Skudde, (3) Soay, (4) Rasa Aragonesa, (5) Karakul, (6) Welsh Mountain, (7) Rouge du Roussillon, (8) Rhön, (9) Leine, (10) Merino meat breed, (11) German black-head, (12) European mouflon, (13) Asiatic mouflon (data and references see Table #2).

(Table 2; Fig. 4).

In a second step, the two archaeological sheep populations were allocated to the respective conformation group. For this, the breadth of the trochlea humeri (BT) of adult specimens from Aşıklı Höyük and Syene were graphically compared with those from the conformation groups. BT was chosen for this analysis because archaeological humeri are often damaged so that the distal breadth (Bd) cannot be measured in sufficient numbers, while the BT is still measurable even in many of the damaged specimens. As an early fusing element post-fusional growth affects the breadth measurements of the humerus particularly in male animals (Davis, 2000; Popkin et al., 2012). This becomes obvious in the wide spread of the Bd measurements of adult sheep in the upper part of Fig. S1. Preferring BT over Bd has the additional advantage that the first seems to be less affected by post-fusion growth, which mainly occurs on the medial and lateral condyles and less at the trochlea (Kazantzis and Albarella, 2016). For Fig. 5, the data listed in Table S1 were complemented with data of adult Karakul, Rhön, Leine sheep and European

**Table 2**  
Characteristics of modern sheep breeds.

Type	Breed	Weight [kg]		Withers height [cm], Average	Reference
		females	males		
Light	Soay	24–28	30–40	48.8	Sambras (1994)
	Cameroon	30–40	40–50	52.5	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (nd)
	Skudde	40–45	50–55	53.8	Sambras (1994)
Medium	Rasa Aragonesa	35–50	45–70	64.5	García-González (1987)
	Karakul	40–50	60–70	67.5	Sambras (1994)
	Welsh Mountain	50–60	70–80	67.5	Sambras (1994)
	Rouge du Roussillon	55–65	75–100	71.3	Brooke and Ryder (1978)
	Rhôn	55–65	70–90	74.0	Sambras (1994)
Heavy	Leine	70–80	100–120	77.5	Sambras (1994)
	German blackhead	70–90	100–130	81.3	Sambras (1994)
	Merino (meat)	75–85	120–140	82.5	Sambras (1994)
	European mouflon	25–35	35–55	72.5	Barbato (2016)
Wild	Asiatic mouflon	35–45	55–67	87.0	Groves and Leslie (2011)

mouflons housed in the MfH, Halle (data by courtesy of Hylke Buitenhuis), and of Portuguese Merino sheep housed in the LARC, Lisboa (data courtesy of Simon Davis).

#### 4.4. Non-linear GAM model

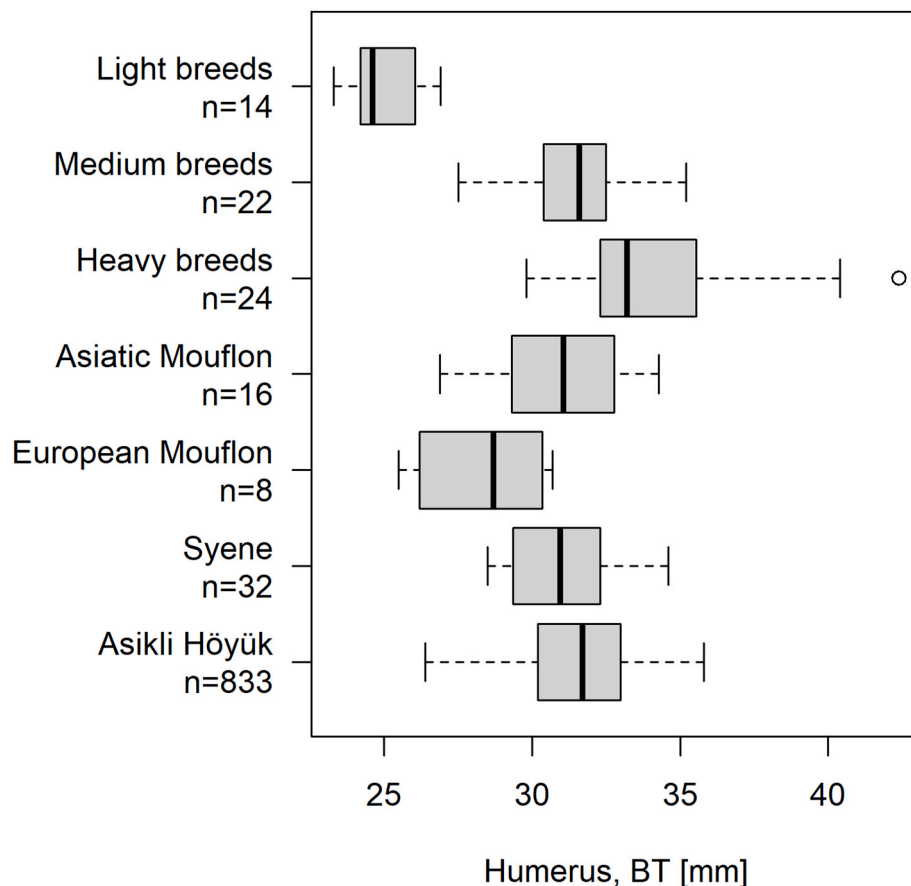
Our first graphical data exploration revealed a non-linear pattern (Fig. S1). This was to be expected since bone growth – like growth in many organisms in general – is non-linear and usually described most accurately as a sigmoid curve (e.g., Zullinger et al., 1984). Growth curves are most often modelled using non-linear functions such as the Richards, Gompertz or the logistic functions (e.g., Forsyth et al., 2016; Tjørve and Tjørve, 2017; Zullinger et al., 1984). We chose Generalized Additive Models (Hastie and Tibshirani, 1986, 1990) to capture the non-linearity of this relationship. Key advantage of GAM is the flexibility

for modelling not only non-linear relationships such as bone growth, but also to include linear and binary covariates into the model, such as nutrition plane and sex for larger datasets. The underlying model can be written as:

$$y_i = \alpha + f(x_i) + \varepsilon_i \quad (1)$$

where  $y_i$  is the response variable *age* for the  $i$ -th observation expressed in “weeks after conception”,  $\alpha$  is the intercept, which is in our case the mean age of the population,  $x_i$  is the *distal breadth of the diaphysis of the humerus*,  $f(\cdot)$  is a smooth function of the covariate and  $\varepsilon_i$  is the *error term* of the model, with a mean equal to 0.

This model (1) allows for a rather flexible specification of the response *age* on the covariate *distal breadth*, by specifying the model in terms of “smooth functions”. The smooth functions in GAMs are constructed as penalized thin plate regression splines and their optimal



**Fig. 5.** Classification of archaeological humeri based on the Breadth of the Trochlea (BT).



shape is estimated by minimizing the general cross validation (GCV) criterion (for more details see Wood, 2017). In order to validate the model, we calculate the Root Mean Squared Error (RMSE). Subsequently the model residuals were graphically inspected and tested for assumptions of homogeneity of variance and normality (Zuur, 2012). Based on this model, we then predicted the age-at-death for the archaeological humeri from Aşıklı Höyük and Syene.

4.5. Chi-squared test for independence

In order to test whether pre- and postnatal lamb mortality at AH changed over time we conducted a chi-squared test for independence between the middle and the late horizon. The only case pertaining to the early horizon at AH was added to the middle horizon (Table S2). Lamb mortality was divided into two groups: a group containing cases occurring during late pregnancy until birth and a second group for those occurring after birth.

All graphs, data exploration and analyses were carried out in R, version 3.6.3 (R Core Team, 2020). For the modelling with GAM, we relied on the package ‘mgcv’, version 1.8–31 (Wood, 2011).

5. Estimations, validations and results

5.1. Classification of modern sheep breeds and archaeological populations

The phenotypic characteristics of present-day sheep breeds resulted in the definition of three conformation groups (Table 2; Fig. 4): a group of lightweight and small breeds (Soay, Cameroon and Skudde sheep), a second group of medium-sized and medium-weight breeds (Rasa Aragonesa, Welsh Mountain, Rouge du Roussillon, Karakul and Rhön sheep), and a third group comprising tall, heavy sheep breeds (Leine, German Blackhead and Merino sheep). The two forms of wild sheep, the Asiatic and the European mouflon, exhibit completely different conformations. Both appear light in weight relative to their withers height. Regarding body weight, the Asiatic mouflon falls within the range of the medium-weight conformation group, while the European mouflon overlaps with the light and medium-weight sheep breeds. This is illustrated by the analysis of the trochlear breadth (BT) of the humerus (Fig. 5). Since European mouflons overlap with both light and medium weight conformation groups in domestic sheep, their humeri had to be omitted from further analyses. Another reason for their exclusion is the fact that the individuals curated in the collections experienced quite different living conditions and life histories: most of them come from zoos (mainly those from the SAPM), others from game enclosures and some even from the wild (mainly those from Halle). Furthermore, captive animals often witness inbreeding depressions leading to body mass and size reductions (Laikre, 1999; Table 4). In sum, analyses based on a mixture of free-ranging and confined wild sheep populations must be considered problematic.

Finally, the archaeological populations, for which age predictions will be conducted, need to be classified. According to Fig. 5, the sheep populations of Syene and Aşıklı Höyük match best with the medium-weight category. The prediction model will therefore be based on the data of this conformation group (see Table S1; for the complete dataset classified according to conformation groups see Fig. S1).

5.2. Model estimation and validation

We start the model estimation step by dividing the data up into a training set comprising 70% of the observations and a test set made up of the remaining 30%. Since our main goal is to develop a reliable prediction model, we train our model with the first data set and validate it using the test set. The summary output of the model (Table 3) shows that the model captures the structure of the underlying relationship, with an adjusted  $R^2$  of 0.827 and explained deviance of 84.5% for 17 observations in the training set.

**Table 3**  
Summary output of the GAM model (edf = estimated degrees of freedom; SE = standard error).

Family: gaussian				
Link function: identity				
Formula: Weeks_ab_con ~ s(Bd)				
Intercept	Estimate	SE	t value	p-value
	29.1765	0.7562	38.59	6.11E-16
s(Bd)	Approximate significance of smooth terms			
	edf	Ref.df	F	p-value
	1.604	1.995	3841	4.16E-08

**Table 4**  
Prediction accuracy of the training dataset.

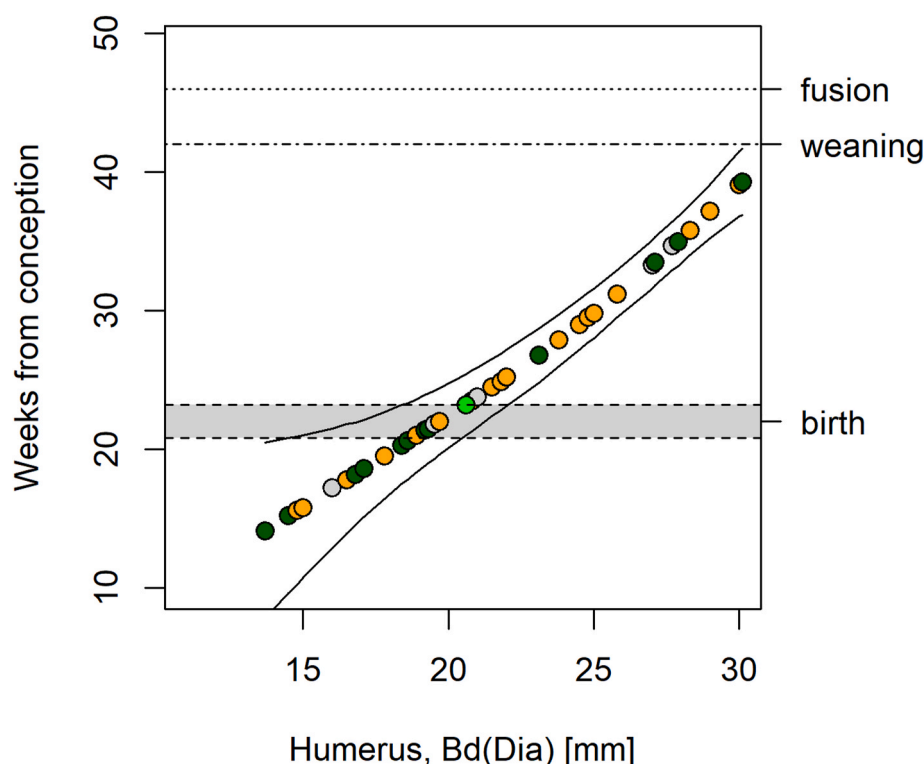
ID	Age		
	(weeks from conception)		Error
	Truth	Prediction	
IPE 200b	15	15.48846	0.4884617
IPE 1 2/3	25	29.96097	4.9609716
IPE 21	27	29.80558	2.8055759
IPE 23	35	32.21238	2.7876156
IPE 14	39	40.21476	1.2147629
IPE 25	43	36.25568	6.7443205
HE 2989	44	32.71403	11.2859724

In a second step, we validate our model by predicting the response variable age in the test data set and compare the predictions with the real values of the response. In Table 4 we calculated the absolute errors of our prediction comparing with the true values of age for the 7 observations in the test data set. The resulting Root Mean Squared Error (RMSE) of the model is 5.5, which is a very small value, indicating the goodness of the prediction. The statistics for the GAM model (Table 3) give a highly significant result for the non-parametric function producing the following regression equation: Age = 29.2 + f(Bd(Dia)). The estimated degrees of freedom (edf = 1.604) are relatively low, illustrating that the shape of the curve is not very complex but still non-linear (Fig. S2). Nonetheless, due to the few observations available, the confidence intervals (CI) are rather wide particularly towards the lower end.

5.3. Age predictions for archaeological populations

The age predictions based on the GAM model provide us with a range between 14 and 39 weeks after conception for the specimens from Aşıklı Höyük and Syene (Fig. 6; Table S2). Since the model is based on relatively few data points, the confidence intervals are rather wide, adding a relatively high amount of uncertainty to the predictions. It can nevertheless be concluded that several of the humeri belonged to foetal animals that died during pregnancy thus provoking abortion. A comparably dense cluster of twelve data points is located around the birth period (week 20–24 after conception) while the data points above the birth period distribute rather evenly (18 instances in week 25–40) (Fig. 6). When considering the chronology, it seems that relative mortality before and after birth was more or less the same in the (early and) middle horizon, while postnatal mortality occurred less frequent in the late horizon (Table 5; Fig. 6). The chi-squared test, however, fails to find an association between lamb mortality and chronology (Chi-squared = 2.3686; p = 0.1238).

The unique case of the lamb foetus from Syene that died during parturition has a predicted age of 23 weeks after conception, which nicely fits the upper range of the birth period (Fig. 6, green data point), thereby strengthening the validity of the model.



**Fig. 6.** Age predictions for the humeri from Aşıklı Höyük (orange – early and middle horizons; dark green – late horizon; grey – indet. horizon) and Syene (green). (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the Web version of this article.)

**Table 5**

Aşıklı Höyük. Frequencies of cases classified by chronology and age-at-death for the chi-squared test statistic.

		Horizon	
		early & middle	late
Cases	prenatal	9	13
	postnatal	10	5

## 6. Discussion

### 6.1. A new non-linear model for age predictions

The first aim of this study was to develop a novel approach for age predictions for foetal to infantile lamb bones based on bone measurements, which we exemplified for the distal breadth of the humerus. The range of variation in the modern dataset necessitates the grouping of sheep according to the conformation of the breeds. We therefore developed a work flow to divide modern sheep breeds into three conformation groups and classify archaeological populations according to these groups. While there are enough humerus data available for medium-weight sheep, the dataset is currently too patchy for light and heavy breeds to propose separate models.

We developed a GAM model for the distal breadth measurements of the humerus. The curve described by the model is almost linear as shown by the low edf value. A linear model probably would give rather similar results as suggested by Gillis et al. (2013). However, more data particularly of foetal animals will alter the curve to a more sigmoidal shape so that the GAM approach proposed here will provide more accurate results than a linear model. This is certainly true for other skeletal elements exhibiting later epiphyseal fusion, since in such cases the corresponding section of the complete growth curve will be much larger than in the humerus.

Finally, the successful validation of the model based on the perinatal

lamb from Ptolemaic-Roman Syene confirms the appropriateness of our approach for medium-weight sheep. In the future, the dataset of modern medium-weight specimens of known age needs to be expanded to enhance the model's power and obtain narrower confidence intervals. This is particularly true for the lower end of the curve. Currently only two foetuses with age estimations based on their weight are available. Since their ages are estimated, this adds to the uncertainty of the model in this part. Needless to say, the inclusion of a wide variety of breeds for each conformation group is another major *desideratum* for the future.

### 6.2. Natural and anthropogenic causes of mortality in foetal and infantile lambs

Three periods in early life of lambs are precarious: late pregnancy, the first week after parturition and weaning. In sheep, infections are responsible for two thirds of foetal losses, i.e., deaths between day 100 after conception and parturition, which therefore pose the biggest risk (Behrens et al., 2001). Infections leading to abortions are caused by a variety of microbial agents, more precisely bacteria (e.g., *Brucella* spp., *Campylobacter* spp., *Chlamydia abortus*, *Salmonella* spp.), protozoans (mainly coccidia such as *Toxoplasma gondii*) and viruses (e.g., Bunyaviridae, Flaviviridae), many of which are also known to cause zoonoses (Edmondson and Shipley, 2012). Another third of foetal losses are due to non-infectious causes such as chromosomal re-arrangements, sheep/goat hybridization in mixed herds, stress, nutritional deficiencies and toxic plant ingestions (Edmondson and Shipley, 2012). While abortion rates due to genetic causes are considered negligible, malnutrition as well as stress caused by heat, carnivore attacks and overcrowding in pens have certainly to be considered (Edmondson and Shipley, 2012; Scott, 2015). Quantitative malnutrition in calories and proteins and deficits in certain essential nutrients, such as copper, iodine, magnesium, manganese, vitamin A and selenium/vitamin E can provoke abortions and births of weak lambs (Edmondson and Shipley, 2012).

Turning to the risks after birth, infected lambs and malnourished ewes are generally endangered. Depending on the stage of pregnancy,

malnutrition in ewes is known to have negative effects on the growth of the foetus (Richardson et al., 1976; Spence et al., 1982). This seems to mainly affect body mass (i.e., weight) and much less the development of the skeleton (McDonald et al., 1977). Since low-weight and small foetuses may also be mistaken for being younger in age than they are, the influence of malnourishment of the ewes on skeletal growth needs to be discussed in future when osteometric data of healthy and malnourished foetuses are available. The radio-opaque lines found in bones of intra-uterine growth retarded foetuses (see Spence et al., 1982) would certainly help to identify corresponding cases in archaeological sheep. Low birth-weight was identified as a significant risk factor for lamb mortality in the first week (Christley et al., 2003; Yapi et al., 1990). Close penning not only induces stress leading to abortions, it also negatively affects the birth process itself and early post-parturition by disturbing the bonding phase between lamb and ewe. This may lead to mis-mothering, rejection of the lamb or hinder the access of the lamb to the udder causing starvation and finally death of the lambs (Dwyer et al., 2015). With insufficient space, weakly animals are also not able to escape aggressive conspecifics causing additional stressful conditions (Dirksen, 2006). Finally, hypothermia can pose additional threats to outdoor-born lambs and to weak individuals with poor bonds to their ewes in particular (Dwyer et al., 2015).

The third risky phase for lambs in modern production systems occurs during weaning, when lambs and ewes become separated too early and lambs do not get adequate supplemental fodder. Observations of traditional husbandry systems make it extremely unlikely that forced weaning was practiced in (pre-)historic times. Weaning in sheep naturally happens between 100 and 150 days post-partum, which is around 35–42 weeks after conception (Arnold et al., 1979).

Finally, it should not be overlooked that foetal and infantile deaths may also have anthropogenic causes. For instance, the culling of pregnant ewes and/or newborn lambs may have been necessary in times of fodder shortage particularly when the cold season extended into the lambing season (for ethnographic examples see Halstead, 1998).

### 6.3. Lamb mortality in the early Neolithic sheep population at Aşıklı Höyük

As mentioned above, a significant proportion of bones of foetal to infantile lambs (3.6%) was already noted for early occupation (i.e., upper Level 4) at the site and interpreted as the result of culling pregnant females or of abortions due to inappropriate husbandry conditions (Stiner et al., 2014). Remains of this very young age cohort have been found as well in contexts dating to later site occupation (Levels 3 and 2). Interestingly, in other archaeological cases, human consumption of foetal and neonatal sheep is evidenced by breakage patterns, cut marks and human chewing marks, e.g., in Neolithic and Bronze Age levels in the El Mirador breeding cave in Spain (Martín et al., 2016) and in the Neolithic level in the Pupičina breeding cave in Croatia (Miracle, 2006). Conversely, bones of foetal and infantile animals at AH show neither cut nor chewing marks. Where humeri are broken we are dealing with dry, i. e. post-depositional breaks. Moreover, a surprising amount of humeri are preserved fairly complete. In addition, almost all elements of the skeleton are present including skull, caudal vertebrae and foot bones. Usually, the latter elements are heavily underrepresented in or even absent from consumption refuse. Obviously, sheep that died very young at AH seem to have been discarded *in toto*. These arguments taken together do not completely rule out human consumption, but certainly build a strong argument against it. Since butchery and dismembering of caprines happened near but outside the settlement in the later phases of site occupation (Peters et al., 2018), the skeletal completeness observed also suggests that the foetal bones did not result from the culling of pregnant females, since in such cases their bodies would have been discarded outside the residential architecture as well. As stated, the presence of extensive layers of compacted dung *intra muros* confirms that caprines were kept inside the settlement in close confinement over

extended periods of time (Mentzer, 2018). Taken together, our observations allow us to conclude that the foetal and some of the perinatal bones originate from abortions. Such events often happened at night, when the animals are penned in enclosures, which at AH were located within the settlement. The aborted foetuses as well as lambs which died during parturition and in their first weeks were discarded on the middens between the houses. The virtual absence of gnawing marks and the skeletal completeness of these fragile bones also emphasize that neither dogs nor wild carnivores, such as foxes or wolves, had access to the middens inside the settlement (Buitenhuis et al., 2018).

As can be seen from Fig. 6, there is a clear cluster of data points just before and around the lambing date, which suggests that most losses at AH coincided with the first two of the above mentioned precarious periods. As expected, the upper end of predicted ages for the unfused humeri, coinciding with the phase of natural weaning (around 35–42 weeks after conception), does not show a particular cluster (Fig. 6). Lambs surviving late pregnancy and their first week obviously had rather good prognoses. These infantile lambs may have died due to natural causes but also may have been culled for example to remove young males from the flock and thereby reducing disturbances by males during the rutting season. Evidence for sex-specific cullings of young males was found in the ratio of fused and unfused pelves from upper level 4 onwards throughout the occupation of AH (Buitenhuis et al., 2018; Stiner et al., 2014). The colour-coded data points in the graph (Fig. 6; see also Table S2) suggest that lamb mortality was similar in the pre- and postnatal periods during the early and middle occupation horizons while abortions were seemingly more frequent than deaths after birth during the late occupation horizon at AH. This indicates that the livestock keepers were possibly able to improve lamb survival post-partum in the later occupation horizon while problems during late pregnancy and around birth seemingly continued. The non-significant chi-squared test result, however, does not support this impression statistically, which can be due to the rather small number of cases.

From the foetal to infantile humerus assemblage itself it is not possible to draw conclusions on the causes of the premature deaths of lambs. However, another study of the caprine populations at AH found multiple joint diseases affecting the articulations of the limbs (Zimmermann, 2019). These are expressed in form of small lesions on the articular surfaces, e.g., of the humerus, astragalus and calcaneum and peri-articular pathological alterations on the shaft of the femur. Zimmermann (2019) developed a system to determine population profiles of these conditions in order to diachronically trace their course, and identified potential causes which can be compared to those inducing abortions and neonatal lamb mortality. As a result, poor hygiene was found to be one of the root causes for the pathological condition in the femur. Micromorphological analyses of dung deposits at AH provide evidence for dense penning of caprines within the settlement without evidence of regular cleaning (Mentzer, 2018). Caprine stabling on dirty bedding and excrements which are never or rarely mucked out increase the risk of infection by bacteria including *Salmonella* ssp., *Campylobacter* ssp., *Chlamydia abortus* and parasites, such as *Toxoplasma gondii* (Zimmermann, 2019). Besides microbial infestations, nutritional deficiencies of essential trace elements (particularly copper) and deficits of protein in the fodder additionally facilitate the development of anaemic conditions resulting in intra-articular lesions in the other skeletal elements (humerus, astragalus, calcaneum) (Zimmermann, 2019). Confinement in limited enclosures also causes non-physiological conditions further promoting these micro-lesions (Zimmermann et al., 2018; Zimmermann, 2019).

In our opinion, it is certainly not by coincidence that the same microorganisms and nutritional deficiencies proposed as potential causal factors triggering the arthropathies are known to provoke the abortion and death of neonatal lambs as well. Understandably, dense penning is a significant stress factor instigating aggression and restlessness in flocks, conditions that are known to further worsen intra-articular health and endanger pregnancies and lamb survival as explained above.

Other stressors already mentioned, i.e. heat and carnivore attacks, as well as chromosomal re-arrangements, sheep/goat hybridizations and poisonous plants as triggering factors are difficult to evaluate and probably did not have a strong impact. Heat, for example, was certainly not an issue during the lambing season (late winter and early spring) on the Central Anatolian plateau with average temperatures of c.  $-1.5^{\circ}\text{C}$  in winter. Carnivore attacks can most likely be ruled out as well, since the flock or at least the breeding animals were obviously penned within the settlement where large carnivores had no access. This was probably even one reason for stalling them near to humans and thereby holding carnivores at bay. Summing up, micro-pathological analysis of caprine bones suggests a range of possible causes for the joint lesions observed, which to a large extent concur with the causes known to provoke late abortions and mortality within the first week of life in lambs. Penning livestock on unremoved excrements seems to be the most likely cause for both situations.

In order to estimate the overall impact of lamb losses on herd survival, however, it would be essential to calculate the rate of lamb losses. In modern sheep production systems, lamb losses amount in average to 15% of total pregnancies, in rare cases such as “abortion storms”, i.e., abnormal high incidences of abortions as a result of an epidemic disease, to 40% or more (Dwyer et al., 2015; Fig. 1; García-González, 1979). In archaeological materials it is not possible to assess the rate of lamb losses due to the very nature of these materials, wherein many factors (time depth of the assemblage, overall bone loss, differential survival of elements etc.) cannot be quantified. Presumably, techniques and know-how of breeding and raising sheep successfully likely developed in a long and difficult process of learning by doing (Peters et al., 2014), whereby diagnosing conditions and providing adequate treatment was certainly one of the most challenging tasks. Regarding the intra-articular micro-lesions, herders at AH obviously optimized the management of their flocks considering the significant decrease in lesion frequency and intensity in the sheep populations associated with the late horizon (Zimmermann et al., 2018; Zimmermann, 2019). To what extent the changes brought about, e.g. by pasturing sheep further away from the settlement (Neuberger et al., 2019) or less dense penning outside the residential areas positively affected lamb survival, is difficult to say. The distribution of cases according to age-at-death and chronology (Fig. 6) seemingly indicates that livestock keepers may have successfully reduced postnatal lamb losses towards the end of site occupation at AH although the statistics do not confirm this at present.

Lastly, we return to the special case from Ptolemaic-Roman Syene. The reason for this lamb's death is undisputable given the situation observed in the grave deposit: obstructed in the deformed birth canal of the ewe, the offspring died during an undoubtedly long birth process. In modern sheep medicine, a situation like this is classified as birth trauma due to a difficult or prolonged delivery resulting in hypoxia and consequently stillbirth (Dwyer et al., 2015).

## 7. Conclusions

Based on a statistically meaningful metric dataset of humeri of modern and archaeological adult sheep and published data on modern breed characteristics, a workflow was developed allowing us in a first step to assign modern sheep breeds to three conformation groups (light-, medium-, heavy-weight) and in a second step to classify archaeological sheep accordingly. Our results show that from an archaeological perspective, medium-weight sheep are particularly relevant for demographic profiling of very young animals. For this group, we constructed a non-linear GAM model using the distal breadth of the humerus that was validated successfully. At present, our database is still somewhat patchy for foetal sheep, and needs to be enlarged in the future. To this extent and for verifying specialists' own specimens, the dataset is made accessible to the archaeozoological community (Table S1).

With the model at hand, we were able to predict ages for the Aşıklı

Höyük assemblage of measureable humeri ( $n = 43$ ) and for the Syene lamb. The latter not only confirmed the usability but also the validity of our model. The resulting graph shows two main clusters for the Aşıklı Höyük assemblage identifying the late gestational/perinatal phase and the precarious first week of life as most lethal for sheep managed at the site.

Aetiological considerations relative to the articular micro-lesions observed in early Neolithic sheep identified a spectrum of causal factors for this condition including infections, stress and malnutrition. The dense penning of (breeding?) sheep was found to play a key role in this by causing stressors and amplifying infestations. The agreement of possible factors for these lesions and for foetal and perinatal lamb mortality suggests that these conditions were also responsible for lamb losses. Thereby we catch a glimpse of the problems and difficulties early sheep keepers at Aşıklı Höyük had to face. The analysis showed that towards the later occupation horizon the rate of lesions decreased, implying changes in management of caprine herds. These probably included their pasturing at a distance of the settlement thus increasing locomotion and their general health conditions. It seems that this possibly also improved postnatal lamb survival towards the end of site occupation.

In the future, we intend to enlarge the dataset of modern foetal and infantile sheep in order to fine-tune the model for humeri presented here and to develop ageing models for other skeletal elements for all three conformation groups. Since genetic research is now also targeting pathogens in human and animal skeletal materials and the sediment attached to these, the investigation of pathogens in animal bones will in the future also help to identify the causal infections in foetal and infantile sheep bones from Aşıklı Höyük.

## Declaration of competing interest

None.

## Acknowledgements

We most gratefully acknowledge funding in the frame of the DFG long-term project, ‘The Prehistoric Societies of Upper Mesopotamia and their Subsistence’ by the Deutsche Forschungsgemeinschaft under Grants PE 424/10-1,2,3,4 (J. P.) and of the DFG project ‘Die Tempelherde und ihr Bestattungsplatz im ptolemäisch-römischen Syene aus archäozoologischer, archäologischer und religionshistorischer Perspektive’ under Grant PE424/14-1 (J. P.). Research at Aşıklı Höyük would not have been possible without the support of the General Directorate of Cultural Assets and Museums, Ministry of Culture and Tourism of Turkey, and the Aksaray Museum. We are indebted to Roberto Portela Miguez (Natural History Museum London) for providing access to the Soay sheep specimens, to Lauren Smith (Field Museum of Natural History, Chicago) for access to the modern wild sheep specimens from Iran and Iraq and to Polydora Baker and Fay Worley (Historic England, Portsmouth) for access to the collection of modern sheep specimens at Fort Cumberland. We are also indebted to Cornelius von Pilgrim, Wolfgang Müller and Mariola Hepa for the fruitful cooperation on the animal cemetery at Syene and for access to the skeletons of the buried animals. Our special thanks go to Hylke Buitenhuis (Groningen) for kindly providing measurements of adult sheep housed in Museum für Haustierkunde in Halle (Saale) and to Simon Davis (Lisbon) for kindly making available measurements of modern merino specimens housed in the Laboratório de Arqueociências (LARC, Lisboa, Portugal). We are very grateful for the detailed comments and suggestions from two reviewers that helped to improve this contribution.

## Appendix A. Supplementary data

Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.jas.2021.105344>.



## References

- Ahmed, N.S., 2008. Development of forelimb bones in indigenous sheep fetuses. *Iraqi J. Vet. Sci.* 22 (2), 87–94.
- Amorosi, T., 1989. A postcranial guide to domestic neo-natal and juvenile mammals. The Identification and Aging of Old World species. In: *British Archaeological Reports International Series*, vol. 533. British Archaeological Reports, Oxford.
- Arnold, G.W., Wallace, S.R., Mailer, R.A., 1979. Some factors involved in natural weaning processes in sheep. *Appl. Anim. Ethol.* 5, 43–50.
- Barbato, M., 2016. Unravelling the evolutionary history and adaptation of European mouflon and some domestic sheep populations with special emphasis on the ovines of Sardinia. PhD thesis. Cardiff University.
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (nd). Kamerunschaf [https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/itz/dateien/schafressen\\_rassebeschr\\_kamerunschaf.pdf](https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/itz/dateien/schafressen_rassebeschr_kamerunschaf.pdf).
- Behrens, H., Ganter, M., Hiepe, T., 2001. *Lehrbuch der Schafkrankheiten*, 4th revised edition. Parey-Verlag, Berlin.
- Boessneck, J., Müller, H.-H., Teichert, M., 1964. Osteologische Unterscheidungsmerkmale zwischen Schaf (*Ovis aries* Linné) und Ziege (*Capra hircus* Linné). *Kühn-Archiv* 78, 5–129.
- Brooke, C.A., Ryder, M.L., 1978. Declining breeds of mediterranean sheep. FAO animal production and health paper 8. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://www.fao.org/3/X6508E/X6508E00.htm#TOC>. (Accessed 15 January 2021).
- Buitenhuis, H., Peters, J., Pöllath, N., Stiner, M.C., Munro, N.D., Sarıtaş, Ö., 2018. The faunal remains from levels 3 and 2 of Aşıklı Höyük: evidence for emerging management practices. In: Özbaşaran, M., Duru, G., Stiner, M. (Eds.), *The Early Settlement at Aşıklı Höyük. Essays in Honor of Ufuk Esin*. Ege Yayınları, Istanbul, pp. 281–323.
- Castelló, J.R., 2016. *Bovids of the World: Antelopes, Gazelles, Cattle, Goats, Sheep, and Relatives*. Princeton University Press, Princeton, Oxford.
- Christley, R.M., Morgan, K.L., Parkin, T.D.H., French, N.P., 2003. Factors related to the risk of neonatal mortality, birth weight and serum immunoglobulin concentration in lambs in the UK. *Prev. Vet. Med.* 57, 209–226.
- von Pilgrim, C., Müller, W., 2013. Report on the 13th Season of the Joint Swiss-Egyptian Mission in Syene / Old Aswan (2012/2013). <https://swissinst.ch/downloads/SwissnstReport%20Aswan%202013.pdf>. (Accessed 20 August 2020).
- Davis, S., 2000. The effect of castration and age on the development of the Shetland sheep skeleton and a metric comparison between bones of males. *J. Archaeol. Sci.* 27, 373–390.
- Deniz, E., Payne, S., 1982. Eruption and wear in the mandibular dentition as a guide to ageing Turkish Angora goats. In: Wilson, B., Grigson, C., Payne, S. (Eds.), *Ageing and Sexing Animal Bones from Archaeological Sites*. British Archaeological Reports, British Series, 109. British Archaeological Reports, Oxford, pp. 155–205.
- Diggins, R.V., Bundy, C.E., 1958. *Sheep Production*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- Dirksen, G., 2006. *Krankheiten der Bewegungsorgane*. In: Dirksen, G., Gründer, H.-D., Stöber, M. (Eds.), *Innere Medizin und Chirurgie des Rindes*, fifth ed. Parey-Verlag, Stuttgart, pp. 753–1030.
- Dwyer, D.M., Conington, J., Corbiere, F., Holmøy, I.H., Muri, K., Nowak, R., Rooke, J., Vipond, J., Gautier, J.-M., 2015. Invited review: improving neonatal survival in small ruminants: science into practice. *Animal* 10 (3), 449–459. <https://doi.org/10.1017/S1751731115001974>. (Accessed 17 August 2020).
- Edmondson, M.A., Shipley, C.F., 2012. Theriogenology of sheep, goats, and cervids. In: Pugh, D.G., Baird, A.N., Edmondson, M., Passler, T. (Eds.), *Sheep, Goat, and Cervid Medicine*, third ed. Elsevier, Oxford, pp. 141–208.
- Forsyth, D.M., Garel, M., McLeod, S.R., 2016. Estimating age and age class of harvested hog deer from eye lens mass using frequentist and Bayesian methods. *Wildl. Biol.* 22 (4), 137–143. <https://doi.org/10.2981/wlb.00185>. (Accessed 15 January 2021).
- García-González, R., 1979. Los consumidores domésticos de la dehesa salmantina. *Estudio integrado y multidisciplinario de la dehesa salmantina 1. Estudio Fisiográfico Descriptivo 3*. In: CSIC, Salamanca-Jaca, pp. 263–315.
- García-González, R., 1981. Estudio de la osificación postnatal en ovinos de Raza Rasa aragonesa. *Munibe* 33, 259–279.
- García-González, R., 1987. Estudio del crecimiento postnatal en corderos de Raza Rasa Aragonesa ecotipo Anotano. In: *Colección de Estudios Altoaragoneses*, vol. 13. Instituto de Estudios Altoaragoneses, Huesca.
- Geiger, M., Marron, S., West, A.R., Asher, R.J., 2018. Influences of domestication and island evolution on dental growth in sheep. *J. Mamm. Evol.* 27, 273–288. <https://doi.org/10.1007/s10914-018-9452-y>. (Accessed 15 January 2021).
- Gillis, R., Arbogast, R.-M., Piningre, J.-F., Debue, K., Vigne, J.-D., 2013. Prediction models for age-at-death estimates for calves, using unfused epiphyses and diaphyses. *Int. J. Osteoarchaeol.* 25 (6), 912–922. <https://doi.org/10.1002/oa.2377>.
- Godfrey, R.W., Larson, L., Weis, A.J., Willard, S.T., 2010. Evaluation of ultrasonography to measure fetal size and heart rate as predictors of fetal age in hair sheep. *Sheep Goat Res. J.* 25, 60–65.
- Golf, A., 1933. *Die Karakulzucht in ihrem Heimatlande Turkestan. Berichte über Landwirtschaft* 90. Sonderband. Parey-Verlag, Berlin.
- Grant, A., 1982. The use of tooth wear as a guide to the age of domestic ungulates. In: Wilson, R., Grigson, C., Payne, S. (Eds.), *Ageing and Sexing Animal Bones from Archaeological Sites*. British Archaeological Reports, British Series 109. British Archaeological Reports, Oxford, pp. 91–108.
- Greenfield, H.J., Arnold, E.R., 2008. Absolute age and tooth eruption and wear sequences in sheep and goat: determining age-at-death in zooarchaeology using a modern control sample. *J. Archaeol. Sci.* 35, 836–849.
- Greenwood, P.L., Slepets, R.M., McPhee, M.J., Bell, A.W., 2002. Prediction of stage of pregnancy in prolific sheep using ultrasound measurement of fetal bones. *Reprod. Fertil. Dev.* 14, 7–13.
- Groves, C.P., Leslie Jr., D.M., 2011. Family Bovidae (hollow-horned ruminants). In: Wilson, D.E., Mittermeier, R.A. (Eds.), *Mammals of the World 2. Hoofed Mammals*. Lynx Edicions, Barcelona, pp. 444–779.
- Grunert, E., 1993. *Die normale gravidität*. In: Grunert, E., Arbeiter, K. (Eds.), *Tiergeburtschilfe*, fourth ed. Parey-Verlag, Berlin-Hamburg.
- Habermehl, K.H., 1975. *Die Altersbestimmung bei Haus- und Labortieren*, Second ed. Parey-Verlag, Berlin-Hamburg.
- Halstead, P., 1998. Mortality models and milking: problems of uniformitarianism, optimality and equifinality. *Anthropozoologica* 27, 3–20.
- Haring, F., 1975. *Schafzucht. Tierzuchtbücherei*, 4th revised edition. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Harris, H.A., 1957. The foetal growth of the sheep. *J. Anat.* 71, 516–527.
- Hastie, T., Tibshirani, R., 1986. Generalized additive models (with discussion). *Stat. Sci.* 1 (3), 297–318.
- Hastie, T., Tibshirani, R., 1990. *Generalized Additive Models*. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton-London-New York-Washington, D.C.
- Hepa, M., Müller, W., Mutze, U.R., 2018. Neuentdeckung in Assuan - Ein ungewöhnlicher Tierfriedhof. *Antike Welt* 2, 25–29.
- Huggert, A., Widdas, W.F., 1951. The relationship between mammalian foetal weight and conception age. *J. Physiol.* 114, 306–317.
- Ibrahim, M., Ahmad, S., Swati, Z.A., Ullah, G., 2011. Fat-tailed sheep production systems in the Khyber Pakhtunkhwa province of Pakistan. *Trop. Anim. Health Prod.* 43, 1395–1403. <https://doi.org/10.1007/s11250-011-9867-4> (Accessed 15 January 2021).
- Jewell, P.A., Grubb, P., 1974. The breeding cycle, the onset of oestrus and conception in Soay sheep. In: Jewell, P.A., Milner, C., Boyd, J.M. (Eds.), *Island Survivors: The Ecology of the Soay Sheep of St. Kilda*. Athlone Press, London, pp. 224–241.
- Jones, G.G., 2006. Tooth eruption and wear observed in live sheep from Butser Hill, the Cotswold Farm Park and five farms in the Pentland Hills, UK. In: Deborah, D. (Ed.), *Recent Advances in Ageing and Sexing Animal Bones*. Oxbow Books, Oxford, pp. 155–178.
- Kazantzis, G., Albarella, U., 2016. Size and shape of Greek Late Neolithic livestock suggest the existence of multiple and distinctive animal husbandry cultures. *J. Archaeol. Sci.: Report* 9, 630–645.
- Laikre, L., 1999. Conservation genetics of Nordic carnivores: Lessons from zoos. *Hereditas* 130 (3), 203–216.
- Legel, S., 1990. *Nutztiere der Tropen und Subtropen 2: Büffel, Kamele, Schafe, Ziegen, Wildtiere*. Hirzel, Stuttgart-Leipzig.
- Martín, P., García-González, R., 2015. Identifying sheep (*Ovis aries*) fetal remains in archaeological contexts. *J. Archaeol. Sci.* 64, 77–87. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.10.003>. (Accessed 15 January 2021).
- Martín, P., García-González, R., Nadal, J., Vergès, J.M., 2016. Perinatal ovicaprine remains and evidence of shepherding activities in early Holocene enclosure caves: El Mirador (Sierra de Atapuerca, Spain). *Quat. Int.* 414, 316–329.
- McDonald, I., Wenham, G., Robinson, J.J., 1977. Studies on reproduction in prolific ewes 3. The development in size and shape of the foetal skeleton. *J. Agric. Sci.* 89, 373–391.
- Mentzer, S., 2018. Micromorphological analyses of anthropogenic materials and insights into tell formation processes at Aşıklı Höyük, 2008–2012 field seasons. In: Özbaşaran, M., Duru, G., Stiner, M. (Eds.), *The Early Settlement at Aşıklı Höyük. Essays in Honor of Ufuk Esin*. Ege Yayınları, Istanbul, pp. 105–128.
- Miracle, P., 2006. Neolithic shepherds and their herds in the northern Adriatic basin. In: Serjeantson, D., Field, D. (Eds.), *Animals in the Neolithic of Britain and Europe*. Oxbow Books, Oxford, pp. 63–94.
- Mutze, U.R., Mutze, U., Jones, G.G., Peters, J., 2021. Wear of Teeth in Sheep (WoTIS) - a tool for determining the tooth wear rate in assemblages of sheep mandibles. *J. Archaeol. Sci.* (in press).
- Neuberger, F.M., Pöllath, N., Peters, J., 2019. Diet of wild versus culturally controlled caprines in early Neolithic Anatolia based on stable carbon isotope analysis of bone apatite. In: Peters, J., McGlynn, G., Goebel, V. (Eds.), *Animals: Cultural Identifiers in Ancient Societies? Documenta Archaeobiologiae* 15. Marie Leidorf, Rahden/Westf., pp. 251–260.
- Özbaşaran, M., 2012. Aşıklı. In: Özdoğan, M., Başgelen, N., Kuniholm, P.I. (Eds.), *The Neolithic in Turkey 3. New Excavation & New Research: Central Turkey*. Archaeology & Art Publications, Istanbul, pp. 135–158.
- Özbaşaran, M., Duru, G., Uzdurum, M., 2018. Architecture of the early settlement and trends through the cultural sequence. In: Özbaşaran, M., Duru, G., Stiner, M. (Eds.), *The Early Settlement at Aşıklı Höyük. Essays in Honor of Ufuk Esin*. Ege Yayınları, Istanbul, pp. 57–103.
- Özbaşaran, M., Duru, G., 2018. Introduction to the Aşıklı Höyük project. In: Özbaşaran, M., Duru, G., Stiner, M. (Eds.), *The Early Settlement at Aşıklı Höyük. Essays in Honor of Ufuk Esin*. Ege Yayınları, Istanbul, pp. 1–14.
- Payne, S., 1973. Kill-off patterns in sheep and goats: the mandibles from Aşvan Kale. *Anatol. Stud.* 23, 281–303.
- Peters, J., Arbuckle, B.S., Pöllath, N., 2014. Subsistence and beyond: animals in Neolithic Anatolia. In: Özdoğan, M., Başgelen, N., Kuniholm, P.I. (Eds.), *The Neolithic in Turkey 6. 10500–5200 BC: Environment Settlement, Flora, Fauna, Dating, Symbols of Belief, with Views from North, South, East, and West*. Archaeology & Art Publications, Istanbul, pp. 135–203.
- Peters, J., Neuberger, F., Wiechmann, I., Zimmermann, M., Pöllath, N., 2018. Shaping the sheep: human management and decision-making at Aşıklı Höyük, Central Anatolia. In: Özbaşaran, M., Duru, G., Stiner, M. (Eds.), *The Early Settlement at Aşıklı Höyük. Essays in Honor of Ufuk Esin*. Ege Yayınları, Istanbul, pp. 325–344.
- Pfeffer, P., 1967. *Le mouflon de Corse (Ovis ammon musimon Schreber, 1782)*. Position systématique, écologie et éthologie comparées. *Mammalia* 31 (Suppl. 1), 1–262.

- Polák, J., Frynta, D., 2009. Sexual size dimorphism in domestic goats, sheep, and their wild relatives. *Biol. J. Linn. Soc.* 98, 872–883.
- Pöllath, N., Peters, J., 2011. Smoke on the mountain – animal sacrifices for the lord of Doliche. In: Winter, E. (Ed.), *Von Kummuh nach Telouch. Archäologische und historische Untersuchungen in Kommagene. Dolichener und Kommagenische Forschungen IV. Asia Minor Studien 64*. Habelt, Bonn, pp. 47–68.
- Popkin, P.R., Baker, P., Worley, F., Payne, S., Hammond, A., 2012. The Sheep Project (1): determining skeletal growth, timing of epiphyseal fusion and morphometric variation in unimproved Shetland sheep of known age, sex, castration status and nutrition. *J. Archaeol. Sci.* 39, 1775–1792. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.01.018>. (Accessed 15 January 2021).
- Prummel, W., 1987a. Atlas for identification of foetal skeletal elements of cattle, horse, sheep and pig. Part. 1. *Archaeozoologica* 1, 23–30.
- Prummel, W., 1987b. Atlas for identification of foetal skeletal elements of cattle, horse, sheep and pig. Part. 2. *Archaeozoologica* 2, 11–42.
- Prummel, W., 1988. Atlas for identification of foetal skeletal elements of cattle, horse, sheep and pig. Part. 3. *Archaeozoologica* 3, 13–26.
- R Core Team, 2020. R: A Language and Environment for Statistical Computing. URL. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Rajtová, V., 1972. Über die Entwicklung des Skeletts bei Schaf und Ziege I. Osteogenesis der Vorderextremität. *Gegenbaurs Morphologisches Jahrbuch* 118, 577–588.
- Rajtová, V., 1974. Die postnatale Entwicklung des Extremitätenskeletts bei Schaf und Ziege. *Anat. Histol. Embryol.* 3 (1), 29–39. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0264.1974.tb00369.x>. (Accessed 15 January 2021).
- Richardson, C., Hebert, C.N., Terlecki, S., 1976. Estimation of the developmental age of the ovine fetus and lamb. *Vet. Rec.* 99, 22–26.
- Röhrs, M., 1986. Mufflon. In: Niethammer, J., Krapp, F. (Eds.), *Handbuch der Säugetiere Europas*, Bd. 2/11. Aula-Verlag, Wiesbaden, Paarhufer, pp. 435–449.
- Samraus, H.H., 1994. Atlas der Nutztierassen, 4th revised edition. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Santucci, V.L., Kuller, J.A., Battelli, A.F., Laifer, S.A., Edelman, D.I., 1993. Foetal metatarsal length: an accurate predictor of gestational age and weight in the ovine fetus. *Gynecol. Obstet. Invest.* 35, 76–79.
- Scott, P.R., 2015. *Sheep Medicine*, second ed. CRC Press/Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Sivachelvan, M.N., Ghali Ali, M., Chibuzo, G.A., 1996. Foetal age estimation in sheep and goats. *Small Rumin. Res.* 19, 69–76.
- Silver, I.A., 1969. The ageing of domestic animals. In: Brothwell, D.R., Higgs, E.S. (Eds.), *Science in Archaeology: a Comprehensive Survey of Progress and Research*. Thames and Hudson, London, pp. 283–302.
- Spence, J.A., Mellor, D.J., Aitchison, G.U., 1982. Morphology and radio-opaque lines in bones of foetal lambs: the effects of maternal nutrition. *J. Comp. Pathol.* 92, 317–329.
- Stiner, M.C., Buitenhuis, H., Duru, G., Kuhn, S.L., Mentzer, S.M., Munro, N.D., Pöllath, N., Quade, J., Tsartsidou, G., Özbaşaran, M., 2014. A forager-herder tradeoff, from broad-spectrum hunting to sheep management at Aşıklı Höyük, Turkey. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 111 (23), 8404–8409.
- Stiner, M.C., Bailey, K.S., Munro, N.D., Christidou, R., 2018. Spatial and zooarchaeological evidence of human-animal interactions in the early PPN settlement at Aşıklı Höyük. In: Özbaşaran, M., Duru, G., Stiner, M. (Eds.), *The Early Settlement at Aşıklı Höyük. Essays in Honor of Ufuk Esin*. Ege Yayınları, Istanbul, pp. 219–257.
- Tjörve, K.M.C., Tjörve, E., 2017. The use of Gompertz models in growth analyses, and a new Gompertz-model approach: an addition to the Unified-Richards family. *PloS One* 12 (6), e0178691. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178691>. (Accessed 15 January 2021).
- Türcke, F., Tomiczek, H., 1982. *Das Muffelwild*, Second ed. Parey-Verlag, Hamburg-Berlin.
- Vigne, J.-D., Helmer, D., 2007. Was milk a “secondary product” in the Old World Neolithisation process? Its role in the domestication of cattle, sheep and goats. *Anthropozoologica* 42 (2), 9–40.
- Wood, S.N., 2011. Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models. *J. Roy. Stat. Soc.* 73 (1), 3–36.
- Wood, S.N., 2017. *Generalized Additive Models: an Introduction with R*, Second ed. Chapman and Hall/CRC Press, Boca Raton.
- Yapi, C.V., Blyan, W.J., Robinson, R.A., 1990. Factors associated with causes of preweaning lamb mortality. *Prev. Vet. Med.* 10, 145–152.
- Zeder, M.A., 2005. A view from the Zagros: new perspectives on livestock domestication in the Fertile Crescent. In: Vigne, J.-D., Peters, J., Helmer, D. (Eds.), *First Steps of Animal Domestication*. 9th ICAZ Conference, Durham 2002. Oxbow Books, Oxford, pp. 125–146.
- Zeder, M.A., 2006. Reconciling rates of long bone fusion and tooth eruption and wear in sheep (*Ovis*) and goat (*Capra*). In: Ruscillo, D. (Ed.), *Recent Advances in Ageing and Sexing Animal Bones*. 9th ICAZ Conference. Oxbow Books, Oxford, Durham. 2002, pp. 87–118.
- Zeder, M.A., Lapham, H.A., 2010. Assessing the reliability of criteria used to identify postcranial bones in sheep, *Ovis*, and goats, *Capra*. *J. Archaeol. Sci.* 37, 2887–2905.
- Zimmermann, M.I., 2019. Intra- und periartikuläre Pathologien als Marker für die zeitliche Erfassung der Anfangsphase der Domestikation von Schaf und Ziege. Dissertation, LMU München: Tierärztliche Fakultät. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bvb:19-237878>. (Accessed 15 January 2021).
- Zimmermann, M.I., Pöllath, N., Özbaşaran, M., Peters, J., 2018. Joint health in free-ranging and confined small bovids – implications for early stage caprine management. *J. Archaeol. Sci.* 92, 13–27. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2018.02.004>, 2021, (Accessed January 15, 2021).
- Zullinger, E.M., Ricklefs, R.E., Redford, K.H., Mace, G.M., 1984. Fitting sigmoidal equations to mammalian growth curves. *J. Mammal.* 65 (4), 607–636.
- Zuur, A.F., 2012. *A Beginner's Guide to Generalized Additive Models with R*. Highland Statistics Ltd., Newburgh.